

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Šárka Píšová

**ANTROPOGENNÍ TRANSFORMACE PŘÍRODNÍ SFÉRY AFRIKY**

AN ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE NATURAL SPHERE OF AFRICA

Diplomová práce

Praha 2019

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 29. 7. 2019

Podpis

## **Poděkování**

Mnohokrát děkuji vedoucímu mé diplomové práce RNDr. Dušanu Romportlovi, Ph.D., za doporučení a cenné rady při zpracování tématu, poskytnutí dat i literatury a za veškerý čas věnovaný konzultacím. Dále děkuji svým rodičům za inspiraci při výběru tématu a jim spolu s Tomášem za trpělivost a podporu.

# Zadání diplomové práce

## Název práce

Antropogenní transformace přírodní sféry Afriky

## Cíle práce

1. Rešerše klasifikace přírodních podmínek Afriky
2. Rešerše míry transformace přírodního prostředí Afriky
3. Environmentální stratifikace prostředí Afriky
4. Analýza míry ochrany přírodního prostředí

## Zájmové území, datové zdroje

- Přírodní prostředí afrického kontinentu (pouze kontinent, tj. bez ostrovů)
- Rastrová (příp. vektorová) data z různých fyzickogeografických sfér
  - o klima – Bioclim
  - o reliéf – DMR
  - o biodiverzita – ptáci, obojživelníci a savci
  - o antropogenní biomy
  - o ochrana přírody – NP Afriky

## Použité pracovní metody

- Rešerše přístupů a metod klasifikace přírodních podmínek Afriky – porovnání dosavadních výsledků
- Rešerše míry transformace přírodního prostředí Afriky – zhodnocení různých přístupů v hodnocení míry degradace prostředí
  - o rešerše na kontinentální úrovni, příp. na úrovni velkých regionů (spíše souhrnné zdroje, např. *Atlas of African Agriculture Research and Development, Africa – Atlas of Our Changing Environment*, atd.)
- Environmentální stratifikace prostředí Afriky
  - o abiotické prostředí: regionalizace fyzickogeografických podmínek, klasifikace přírodních podmínek na základě klimatu, reliéfu, substrátu, vegetace, atd.
  - o popsání diverzity abiotického prostředí (klima, reliéf) a vymezení těchto oblastí (segmentace), porovnání s daty o biodiverzitě

- biotické prostředí: syntéza dat o biodiverzitě a srovnání (vyplyne, která území jsou nejlepší, podmiňují to fyzickogeografické podmínky?), biodiverzita potenciální vs existující
- Jak jsou oblasti biodiverzity ovlivněny člověkem? Jak se změnila funkce krajiny?
- vztah k antropogenní degradaci (antropobiomy) a přeměně prostředí (změna během cca 15 let nebo mezi lety 1992-2015)
- klastrová analýza: vyčlenění do jednotek typů prostředí ovlivněných člověkem
- Analýza míry ochrany přírodního prostředí – hodnocení konektivity chráněných území
  - po stratifikaci vazba na chráněná území – porovnání s národními parky a územní ochranou (kde probíhá/neprobíhá)
  - Nakolik je prostředí diverzifikované? Oblasti, které nejsou antropogenně ovlivněné – jsou dostatečně chráněné?
  - Je síť chráněných území reprezentativní?

Datum zadání: 22. 12. 2016

Jméno studentky: Bc. Šárka Píšová

Podpis studentky:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Jméno vedoucího katedry: doc. Mgr. Václav Tremel, Ph.D.

Podpis vedoucího katedry:

# Abstrakt

Afrika představuje heterogenní environmentální prostředí, které ovlivňují přírodní i antropogenní procesy. Tato práce metodou rešerše charakterizuje přírodní prostředí kontinentu, představuje možné klasifikace přírodních podmínek a popisuje transformaci tohoto prostředí. Hlavním metodologickým cílem práce bylo určení míst ohrožení biodiverzity vlivem antropogenního tlaku na základě vlastní klasifikace prostředí na kontinentální úrovni. To bylo provedeno metodami environmentální stratifikace a následné klasifikace prostředí. Práce tak představuje klasifikaci přírodního prostředí na základě homogenních jednotek určených bioklimatickými proměnnými a reliéfem, které jsou následně vztaženy k rozložení biodiverzity ptáků, obojživelníků a savců a antropogennímu vlivu zastoupenému antropogenními biomy. Na závěr je vyjádřena územní ochrana přírody ve vztahu k této antropogenní transformaci prostředí. Předkládaná práce, jež patří mezi výjimečné přístupy, zohledňuje kombinaci jak fyzickogeografických, tak socioekonomických faktorů v prostorové úrovni kontinentu. Finální výstup tvoří mapa antropogenní transformace přírodního prostředí Afriky v kontextu biodiverzity a územní ochrany. Pozornost by měla být věnována hlavně oblastem s vysokou úrovní biodiverzity – tzv. *hot spots*, charakterizovaných vysokým vlivem člověka, a tzv. *green spots*, na které působí nižší antropogenní tlak. *Green spots* vykazují největší plochu s vysokou úrovní územní ochrany, zatímco *hot spots* zabírají třetinu kontinentu, ale pouze čtvrtina jejich území je chráněna vysokým stupněm ochrany. S dalším očekávaným antropogenním tlakem lze očekávat vyšší míry transformace přírodního prostředí kontinentu, a to jak poklesem diverzity a počtu populací, tak i pronikáním lidského vlivu dovnitř chráněných území.

**Klíčová slova:** Afrika, přírodní prostředí, environmentální stratifikace, environmentální klasifikace, biodiverzita, antropogenní transformace

# Abstract

Africa is a heterogeneous environment that is affected by natural and anthropogenic processes. This thesis uses a review method to characterize the natural environment of the continent, present possible classifications of natural conditions and to describe the transformation of this environment. The main methodological aim of the thesis was to determine areas threatened by biodiversity loss due to anthropogenic pressures based on a new classification of the natural environment on a continental level. This was executed by methods of environmental stratification and subsequent environmental classification. Thus, this thesis presents a classification of the natural environment on the basis of homogenous units determined by bioclimatic variables and terrain, which are subsequently related to the biodiversity of birds, amphibians and mammals and to an anthropogenic influence represented by anthropogenic biomes. Finally, the share of protected areas is executed in relation to this anthropogenic transformation of the natural environment. Therefore, the thesis is quite a unique approach, as it takes into account a combination of both physical and socio-economic factors at a continental level. The final output consists of a map of the anthropogenic transformation of Africa's natural environment in the context of biodiversity and protected areas. Attention should be paid to areas with high levels of biodiversity – hot spots, which are characterised by high levels of human influence, and green spots, which are subject to lower anthropogenic pressures. Green spots show the largest area with a high level of territorial protection, while hot spots occupy a third of the continent, yet only a quarter of their area is protected by high levels of protection. With further anticipated anthropogenic pressure, higher rates of transformation of the continent's natural environment can be expected, both through a decline in diversity and population numbers and through the penetration of human influence inward of protected areas.

**Key words:** *Africa, natural environment, environmental stratification, environmental classification, biodiversity, anthropogenic transformation*

# OBSAH

---

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH .....	10
1 ÚVOD .....	12
2 KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ .....	14
2.1 Biomy .....	14
2.2 Globální klasifikace terestrických ekosystémů.....	15
2.3 Ekoregiony a bioregiony.....	16
2.4 Ekologické krajinné jednotky .....	17
2.5 Antropogenní biomy .....	18
2.6 Archetypy krajinných systémů .....	21
3 TRANSFORMACE PŘÍRODNÍ SFÉRY .....	23
3.1 Biofyzikální faktory a procesy .....	23
3.2 Změny klimatických podmínek.....	24
3.2.1 Teplotní poměry.....	24
3.2.2 Srážkové poměry .....	25
3.3 Změny hydrologických podmínek .....	26
3.4 Změny krajiny .....	27
3.4.1 Degradace půdy .....	28
3.4.2 Desertifikace .....	30
3.4.3 Změny krajinného pokryvu.....	31
3.4.4 Odlesňování.....	33
3.5 Změny biodiverzity.....	34
3.6 Přímá antropogenní činnost .....	36
3.7 Dopady na ochranu přírody .....	38
4 FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA AFRIKY .....	40
4.1 Klima .....	40
4.2 Geologie a reliéf.....	41
4.3 Hydrologie.....	42
4.4 Půdy .....	44
4.5 Vegetace .....	45
4.6 Zoogeografie.....	47
4.7 Ochrana přírody.....	48
5 MATERIÁL A METODY .....	50
5.1 Zájmové území.....	50
5.2 Podklady pro řešení .....	51



5.3 Příprava vstupních dat.....	51
5.4 Environmentální stratifikace .....	53
5.5 Analýza rozložení biodiverzity.....	54
5.6 Analýza antropogenní transformace prostředí .....	55
5.7 Analýza míry územní ochrany.....	57
6 VÝSLEDKY.....	59
6.1 Environmentální klasifikace .....	59
6.2 Analýza rozložení biodiverzity.....	61
6.3 Analýza antropogenní transformace prostředí .....	63
6.4 Syntéza míry antropogenní transformace prostředí a územní ochrany.....	67
7 DISKUZE .....	69
7.1 Výběr vstupních dat .....	69
7.2 Prostorový rámec.....	70
7.3 Segmentace .....	71
7.4 Klasifikace .....	72
7.5 Hodnocení míry transformace přírodního prostředí.....	72
7.6 Ochrana přírody.....	73
8 ZÁVĚR.....	75
9 ZDROJE.....	77
9.1 Literatura.....	77
9.2 Internetové zdroje .....	81
9.3 Datové zdroje .....	82
9.4 Použité software .....	82
10 PŘÍLOHY .....	84

# SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH

---

## Seznam obrázků

Obr. 1: Terestrické ekosystémy Afriky.....	15
Obr. 2: Terestrické ekoregiony světa.....	16
Obr. 3: Ekologické krajinné jednotky Afriky .....	17
Obr. 4: Antropogenní biomy světa.....	19
Obr. 5: Globální transformace antropogenních biomů mezi lety 1700 a 2000 .....	20
Obr. 6: Změny v antropobiomech v Africe v letech 1700-2000 .....	21
Obr. 7: Globální mapa archetypů krajinných systémů.....	22
Obr. 8: Změny průměrných ročních teplot v Africe .....	25
Obr. 9: Změny průměrných ročních srážkových úhrnů v Africe .....	26
Obr. 10: Průměrná měsíční erozivita srážek v Africe.....	30
Obr. 11: Rozsah degradace v aridních oblastech ( <i>drylands</i> ) světa.....	31
Obr. 12: Frekvence změn krajinného pokryvu v Africe.....	32
Obr. 13: Odlesňování ve státech Afriky zasazené do předkoloniálních území.....	34
Obr. 14: Globální riziko pro druhy ovlivněné změnou krajinného pokryvu .....	35
Obr. 15: Průměrné teploty v Africe .....	41
Obr. 16: Průměrné roční srážkové úhrny v Africe a jejich roční variabilita.....	41
Obr. 17: Potenciál půdy pro zemědělství v Africe.....	44
Obr. 18: Vymezené zájmové území.....	51
Obr. 19: Vstupní data – příklady abiotických proměnných .....	53
Obr. 20: Biotické proměnné – biodiverzita .....	55
Obr. 21: Antropogenní biomy .....	56
Obr. 22: Ochrana přírody v zájmovém území.....	58
Obr. 23: Environmentální klasifikace .....	59
Obr. 24: Klastrová analýza přírodního prostředí.....	60
Obr. 25: Klastrová analýza biodiverzity .....	62
Obr. 26: Charakteristika biodiverzity v klastrech přírodního prostředí .....	63
Obr. 27: Klastrová analýza antropogenního prostředí .....	64
Obr. 28: Kategorie prostředí s ohledem na kombinaci biodiverzity a vlivu člověka .....	66
Obr. 29: Antropogenní transformace přírodního prostředí Afriky v kontextu biodiverzity a územní ochrany.....	68

## Seznam tabulek

Tab. 1.: Bioklimatické proměnné.....	52
Tab. 2: Stupnice klastrů biotického a antropogenního prostředí.....	57
Tab. 3: Průměrný počet druhů v klastrech biotického prostředí .....	62
Tab. 4: Ochrana přírody v typech prostředí.....	67

## Seznam grafů

Graf 1: Environmentální problémy Afriky s největším zastoupením podle fyzickogeografických sfér.....	23
Graf 2: Národní parky Afriky podle roku založení.....	49
Graf 3: Kombinace stupňů biodiverzity a vlivu člověka .....	57
Graf 4: Bioklimatické proměnné – teplotní průměry .....	60
Graf 5: Bioklimatické proměnné – srážkové průměry .....	61
Graf 6: Zastoupení antropobiomů v klastrech antropogenního prostředí.....	64
Graf 7: Charakteristika oblastí podle biodiverzity a vlivu člověka .....	65

## Seznam příloh

Příloha 1: Klimatická pásma Afriky .....	84
Příloha 2: Půdní třídy Afriky .....	85
Příloha 3: Vegetační pásma Afriky .....	86
Příloha 4: Bioklimatické proměnné v klastrech přírodního prostředí.....	87

# 1 ÚVOD

---

Prostředí afrického kontinentu je velmi heterogenní se širokou škálou přírodních a socioekonomických podmínek. Africké ekosystémy však zároveň patří mezi nejzranitelnější na Zemi, přestože chráněná území zabírají 18 % rozlohy kontinentu (Protected Planet 2019). Příčinou tlaku na přírodní sféru je právě kombinace přírodních a antropogenních vlivů. Obecně lze pozorovat rostoucí antropogenní tlak na přírodní zdroje a prostředí, a to především prostřednictvím změn krajinného pokryvu (Píšová 2016). Tyto změny se nadále přenášejí do jiných fyzickogeografických sfér. V důsledku jsou negativně ovlivňovány také chráněná území, pokud se v místě vůbec nacházejí.

Tématem této diplomové práce je transformace přírodního prostředí v Africe vlivem lidské činnosti a její vliv na rozložení biodiverzity v kontextu územní ochrany přírody. Vybrané téma navazuje na bakalářskou práci s názvem „Změny přírodních podmínek v jižní Africe“, která měla za cíl zjistit, zda a jaké existují změny přírodních podmínek v regionu jižní Afriky. Bylo zde pojednáváno o přírodních i antropogenních vlivech ve čtyřech fyzickogeografických sférách – klima, vegetace, půdy a vodstvo. Práce vyhodnocovala dílčí environmentální problémy a shrnovala je do jednoho syntetického výstupu, současně tak vznikly podklady pro tuto navazující diplomovou práci. Pro výběr tématu vztaženého k Africe mi napomohlo pět let života prožitých v jižní Africe, která na mě silně zapůsobila a zároveň formovala kladný vztah k celému kontinentu. Současně se zajímám o mimoevropské regiony, které u nás nejsou tolik zkoumané.

Pro africký kontinent byly vygenerovány prostorové jednotky (segmenty), které jsou vnitřně homogenní z hlediska přírodních podmínek prostředí. Na základě jejich fyzickogeografických charakteristik (klimatické poměry, reliéf), biotického prostředí (biodiverzita ptáků, obojživelníků a savců) a antropogenního prostředí (zastoupení antropobiomů), byly tyto segmenty s využitím klastrové analýzy klasifikovány do tříd. Podobně byla pro všechny segmenty doplněna informace o úrovni územní ochrany přírody. Kombinací těchto klastrů byla vytvořena finální klasifikace odrážející míru antropogenní transformace prostředí ve vztahu k úrovni biodiverzity a stupni územní ochrany.

Cílem této práce bylo zjistit, zda je přírodní prostředí Afriky ovlivněno lidskou činností, jak je tento antropogenní tlak diferencován a jaký má na přírodní prostředí vliv. Srovnávacím měřítkem kvality prostředí byla úroveň biodiverzity, kde bylo dalším cílem zjistit, jak jsou regiony s vysokou biodiverzitou ovlivňovány člověkem? Závěrečná analytická část práce pak zahrnovala hodnocení územní ochrany přírody ve vztahu k antropogenní transformaci krajiny a rozložení biodiverzity. Posledním cílem bylo zjistit, jaká část biodiverzity je v Africe

v současné době zahrnuta v chráněných územích a jaké druhově bohaté regiony naopak nejsou chráněny.

Práce je rozdělena do šesti částí. Na základě rešerše představuje první část různé klasifikace přírodního prostředí, druhá část pojednává o transformaci přírodního prostředí v Africe a třetí část je zaměřena na fyzickogeografickou charakteristiku Afriky. Čtvrtá část popisuje materiály použité pro výzkum problematiky spolu s použitými metodami, pátá část představuje výsledky zpracovaného tématu. Kapitola Diskuze interpretuje výstupy práce ve vztahu k relevantní literatuře, vše je pak shrnuto v Závěru.

S dalším očekávaným tlakem na africké prostředí vlivem exponenciálně rostoucí populace a hospodářského růstu lze na kontinentě předpokládat ještě vyšší napětí mezi nároky na zdroje a ochranou přírody. Jedním z nejdůležitějších a zároveň velmi problematických úkolů je seznámit s problematikou veřejnost a prakticky čelit hrozbám vedoucím k nenávratné transformaci přírodní sféry.

## 2 KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ

---

Klasifikace prostředí je proces třídění geografické sféry do prostorových jednotek dle předem stanovených kritérií. Patří mezi hlavní úkoly krajinné ekologie, přičemž se jedná o úkol s odlišnými přístupy a následně i různými výsledky (Lipský a Romportl 2007). Monotematické klasifikace krajinné sféry jsou poměrně běžné, zatímco komplexní klasifikace krajiny či celých fyzickogeografických sfér zahrnující více faktorů jsou zpracovány spíše ojediněle (Romportl 2009). Krajina je složitá, heterogenní a proměnlivá v čase a prostoru, což vede k různým výsledkům klasifikací, kdy zpracovatelé používají odlišné vstupní datové sady a aplikují různé metody.

K jednomu ze základních atributů krajiny patří její prostorová diferenciaci do relativně homogenních prostorových jednotek s různým charakterem hranic (Romportl 2009). Souhrnné přehledy o krajinách jsou vypracovávány v prostorových úrovních: globální, kontinentální, nadregionální, národní a regionální, ev. lokální. Cílem klasifikace krajiny je usnadnění pohledu na krajinu a rozhodování o jejím využívání, potažmo i ochraně (Lipský a Romportl 2007). Následující rešeršní přehled představuje základní přístupy klasifikace přírodních i antropogenně ovlivněných systémů na globální či kontinentální úrovni, které je možné využít jako prostorové rámce pro hodnocení změn prostředí v Africe.

### 2.1 Biomy

Velkoplošně se vyskytující ekosystémy se nazývají biomy (Prach, Štech a Říha 2009), podle Olson a kol. (2001) se na Zemi vyskytuje 14 biomů. Jsou základními jednotkami, které popisují relativně homogenní krajinu (Ellis a Ramankutty 2008). Pokud jsou biomy podmíněny makroklimatem a vytvářejí rozsáhlé kompaktní zóny na Zemi, jsou označovány jako zonální biomy (Prach, Štech a Říha 2009). Biomy jsou založené na klimatu, terénu a geologii a jsou stále užitečné pro klasifikaci biosféry a předvídaní jejího budoucího stavu v reakci na změnu klimatu (Ellis a Ramankutty 2008).

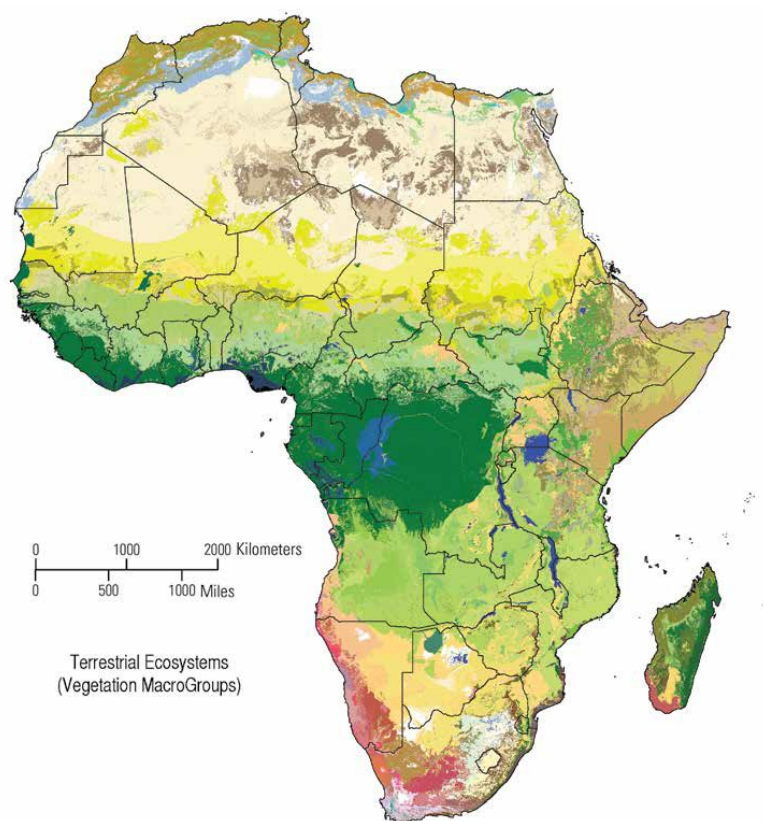
Historicky byly biomy identifikovány a mapovány na základě obecných rozdílů mezi typem vegetace spojeným s rozdílným klimatem, tj. rozdílnými srážkami a teplotami (Ellis a Ramankutty 2008). Biomy jsou užitečná zobecnění pro pochopení globálních vzorů ekosystémových forem a procesů (Ellis a kol. 2010). Disciplína ekologie má však tradici oddělování člověka od přírody, což vede ke klasifikacím, které neberou ohled na člověka (Alessa a Chapin 2008), nebo vliv člověka charakterizují nejvíce čtyři třídy, např. biomy podle Olson a kol. (2001).

## 2.2 Globální klasifikace terestrických ekosystémů

Ekosystémy jsou seskupeními biotických komunit, které se vzájemně ovlivňují, mají své fyzické prostředí a jsou základní jednotkou výzkumů v oboru ekologie (Sayre a kol. 2014). Vyskytují se v suchozemských, sladkovodních a mořských oblastech a biologická společenstva, která se v nich nachází, existují v reakci na vytvořené životní prostředí – ekosystémy tudíž mají biotické i abiotické složky.

Pro popis biotického složení ekosystémů jsou často používány druhy vegetace, jelikož ta je stacionární a lze ji mapovat satelitními snímky či vymezovat pomocí modelů. Pokud je vegetace známa a mapována v kontextu svého fyzického prostředí (z informací z terénu), výsledné oblasti mohou být považovány za ekosystémy (Sayre a kol. 2013; Sayre a kol. 2014). Vegetační typy na kontinentu tak představují standardizované terestrické ekosystémy Afriky (Sayre a kol. 2013). Vegetace se vyskytuje v reakci na fyzikální vlastnosti prostředí, evoluční a biogeografické historie a ovlivnění prostředí člověkem. Terestrické ekosystémy jsou oblasti charakterizované koexistujícími vegetačními seskupeními, která sdílejí ekologický gradient, substrát nebo proces (Sayre a kol. 2013). Výsledná mapa se 126 ekosystémy (obr. 1) znázorňuje potenciální distribuci ekosystémů vzhledem k hlavním přírodním proměnným bez lidské disturbance.

Obr. 1: Terestrické ekosystémy Afriky

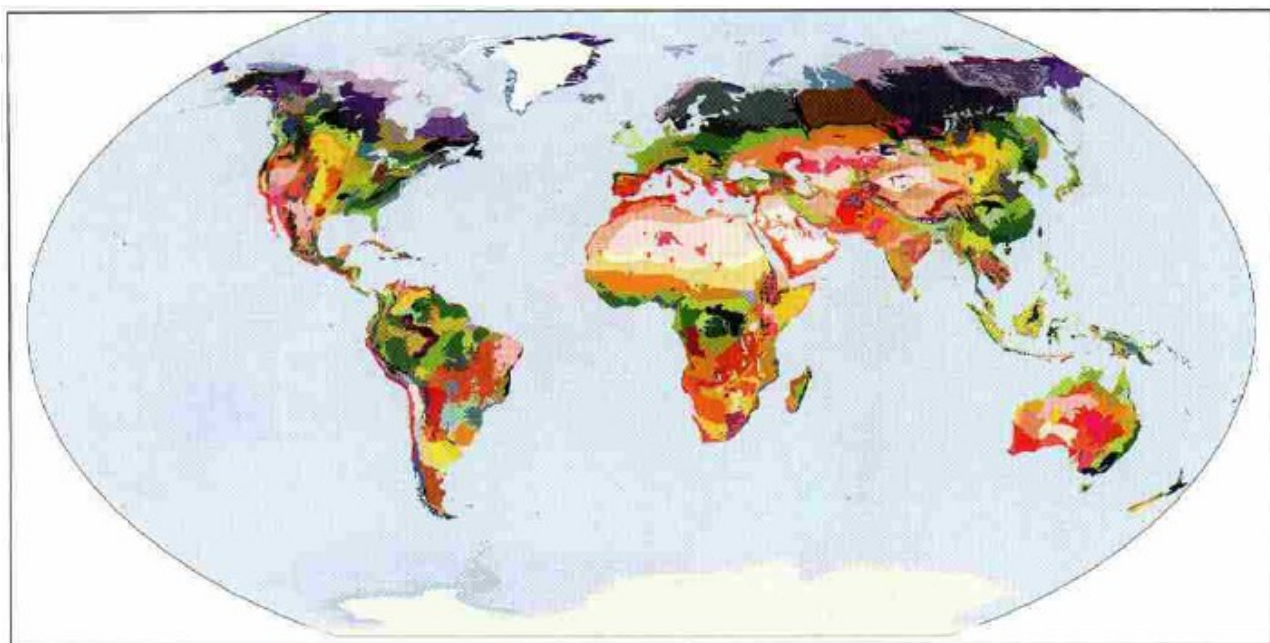


Zdroj: A New Map of Standardized Terrestrial Ecosystems of Africa (Sayre a kol. 2013)

## 2.3 Ekoregiony a bioregiony

Ekoregiony jsou podle Olson a kol. (2001) definovány jako relativně velké prostorové jednotky (průměrná velikost ekoregionu je asi 150 000 km<sup>2</sup>) zahrnující soubor přírodních společenstev a druhů, s hranicemi, které se přibližují původnímu rozsahu přírodních společenstev před významnou změnou využití půdy. Ekoregiony odrážejí distribuci fauny a flory na Zemi a jsou klasifikovány v rámci známých systémů: 8 biogeografických oblastí a 14 biomů. Podrobná mapa terestrických ekoregionů světa s 867 regiony (obr. 2) lépe identifikuje oblasti s vyjímkou se biodiverzitou a reprezentativními komunitami, jelikož ekoregiony jsou určeny jako jednotky pro ochranu přírody (Olson a kol. 2001). Takové mapy a analýzy mohou zvýšit povědomí o naléhavosti ztráty biodiverzity a hrát důležitou roli v konzervování mimořádné rozmanitosti života na Zemi. Mezi další významné klasifikace ekoregionů patří terestrické ekoregiony podle Bailey (1998) a podle Světového fondu na ochranu přírody (Burgess a kol. 2004).

Obr. 2: Terestrické ekoregiony světa



Zdroj: Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (Olson a kol. 2001)

Vedle komplexních přístupů klasifikace ekoregionů jsou vymezovány ryze biogeografické jednotky. Mezi nejznámější patří biogeografické provincie podle Udvardy (1975), biogeografické oblasti podle Pielou (1979), fytochorologické regiony podle White (1983) založené na množství endemických druhů a fyto geografické mapy floristických regionů podle Takhtajan (1986).



## 2.4 Ekologické krajinné jednotky

Pokud je mapován výhradně krajinný pokryv (namísto vegetace) se svým fyzickým prostředím, výsledné oblasti jsou lépe koncipovány jako ekologické krajinné jednotky (*Ecological Land Units*), dále EKJ. Klasifikace EKJ podle Sayre a kol. (2014) je jedním z přístupů charakteristiky ekologických regionů, kde je kladen vyšší důraz na krajinu než na biotu. Zatímco klasifikace ekosystémů zdůrazňuje distribuci bioty, klasifikace EKJ zobrazuje faktory fyzikálního prostředí, které distribuci bioty řídí.

Sayre a kol. (2014) definují EKJ jako oblast rozdílného bioklimatu, topografie, litologie a krajinného pokryvu. Stratifikace těchto vstupních dat vyprodukovala na globální úrovni 3 923 terestrických EKJ. Prostorové rozlišení dat 250 m umožnilo i kvalitní vizualizaci kontinentů, z nichž jedním je Afrika (obr. 3). Každá výsledná jednotka je pojmenována kombinací všech čtyř vstupních vrstev, což činí klasifikaci komplexní, ale přesně definovanou. Velmi složitá je ale tím pádem legenda. Klasifikace může mít největší využití v geoinformačních systémech díky detailním datům tematicky i rozlišením. EKJ jsou určeny jako soubor standardizovaných a potenciálně velmi užitečných analytických jednotek, které mohou být implementovány do dalších výzkumných otázek.

Obr. 3: Ekologické krajinné jednotky Afriky



Zdroj: A New Map of Global Ecological Land Units – An Ecophysiographic Stratification Approach (Sayre a kol. 2014)

## 2.5 Antropogenní biomy

Podle Ellis a Ramankutty (2008) antropogenní biomy, neboli antropobiomy či antromy, nabízejí nový směr vpřed tím, že uznávají lidský vliv na globální ekosystémy a směřují k modelům a zkoumání biosféry, která integruje ekologický a lidský systém. Antropobiomy jsou od biomů více komplexní a popisují spíše heterogenní krajinu (Ellis 2013). Stejně jako biomy jsou užitečné pro generalizaci procesů globálních forem a ekosystémů.

Alessa a Chapin (2008) uvádějí, že výhodou klasifikace je zohlednění klimatických a zároveň sociálních faktorů, jelikož výstupy pak více realisticky odrážejí současný stav prostředí než klasifikace založené výhradně na klimatických faktorech. Začlenění sociálních faktorů do modelování biomů však zůstává náročné, jelikož chování společnosti je komplexní a proměnlivé v čase. Dostupnost systému antropogenních biomů může rozšířit pohled na interakci člověka a ekosystémů v biosféře.

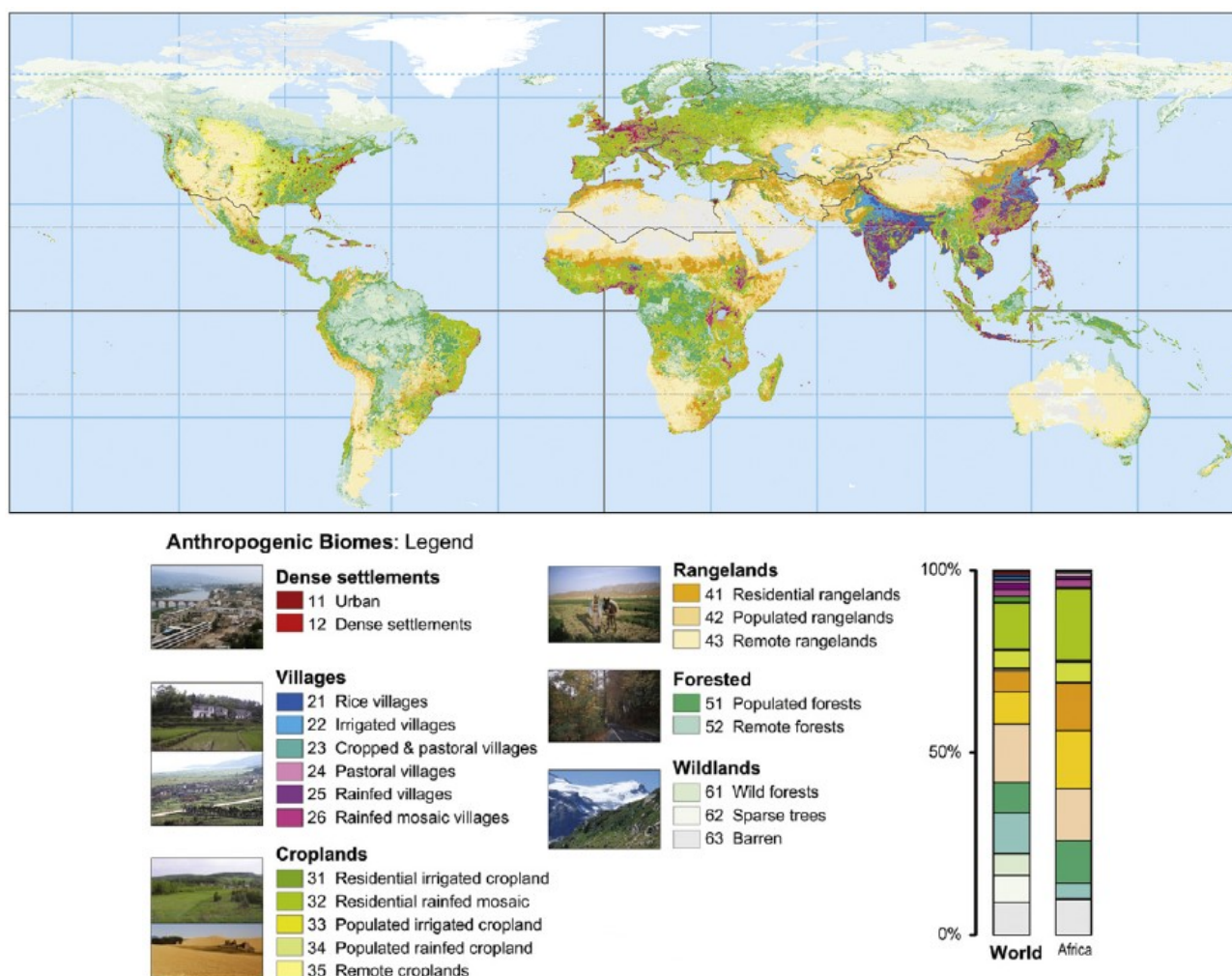
Většina přírodních struktur na Zemi je v současnosti zakotvena v antropogenních mozaikách různě intenzivně využívané krajiny. Jak uvádějí Ellis a Ramankutty (2008), antropogenní biomy lze charakterizovat právě jako heterogenní krajinné mozaiky kombinující různé druhy využití krajiny v kontextu přírodních podmínek. Podle Alessa a Chapin (2008) byl antropogenní tlak popsán pomocí strukturované metodiky mapování založené na geoinformačním systému, která zahrnovala hustotu zalidnění, intenzitu využití krajiny a krajinný pokryv.

Výsledkem byla kategorizace 18 antropogenních biomů se třemi biomy bez lidského vlivu (obr. 4). Skupiny antropogenních biomů byly seřazeny podle hustoty zalidnění (Ellis a Ramankutty 2008). Nejvíce zalidněné jsou hustě zalidněná osídlení (*Dense settlements*), zatímco nejnižších hodnot zalidnění dosahují divoké země (*Wildlands*). Skupina hustě osídlených oblastí a vesnic sice pojme většinu obyvatel Země, ale tyto oblasti zaujímají 7 % světové pevniny, v Africe jen 4 %. *Wildlands* bez lidského vlivu zaujímají 22 % světové pevniny, v Africe pak 20 %. Většinou jsou to však neúrodné oblasti (*Barren*) a oblasti s rozptýlenými stromy (*Sparse trees*). Nejvyšší zastoupení zaujímá v Africe *Barren* (19,9 %), kategorie *Residential rainfed mosaic* (16,1 %) a skupina *Rangelands* (celkem 41,1 %). *Populated forests* zabírají 9,5 % rozlohy kontinentu, ostatní jednotlivé kategorie mají zastoupení nižší než 5 %.

Pro klasifikaci je rovněž důležitý prostorový rámec, kde tyto sociálně-ekologické procesy probíhají. Při zkoumání prostorových dat v rámci antropogenních biomů jsou měřítko a rozlišení důležitými aspekty (Alessa a Chapin 2008). Na světové úrovni je pro zodpovězení některých otázek dostačující nižší rozlišení. Na lokální úrovni je pak často limitovaná dostupnost dat. Proces klasifikace a interpretace antropogenních biomů je třeba zdokonalovat

zejména na lokálním a regionálním měřítku k získání většího pochopení dynamiky, která se vykytuje mezi lidmi a jejich prostředím.

Obr. 4: Antropogenní biomy světa



Zdroj: Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world (Ellis a Ramankutty 2008)

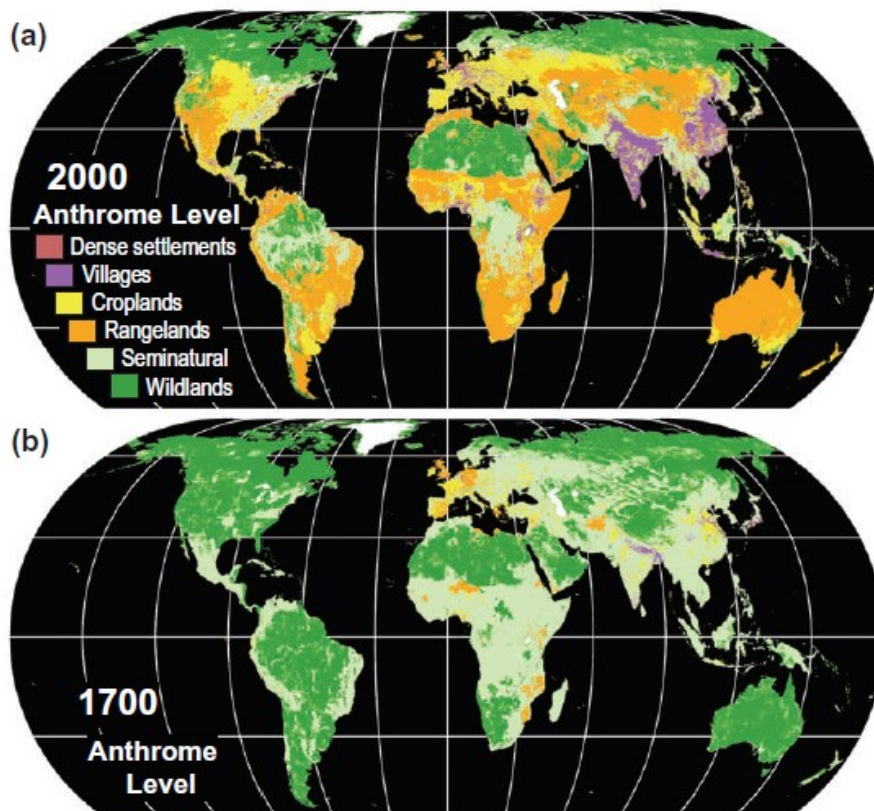
Poznámka: Sloupce porovnávají procentuální zastoupení antropogenních biomů ve světě a regionu Afriky.

**Dense settlements** (hustě zalidněná osídlení): *urban* (městská), *dense settlements* (hustě zalidněná osídlení); **Villages** (vesnice): *rice* (rýžové), *irrigated* (uměle zavlažované), *cropped & pastoral* (zemědělské a pastevecké), *pastoral* (pastevecké), *rainfed* (srážkami zavlažované), *rainfed mosaic* (srážkami zavlažované mozaiky); **Croplands** (zemědělské půdy): *residential irrigated* (obydlené uměle zavlažované), *residential rainfed mosaic* (obydlené srážkami zavlažované mozaiky), *populated irrigated* (osídlené uměle zavlažované), *populated rainfed* (osídlené srážkami zavlažované), *remote* (odlehle); **Rangelands** (pastviny): *residential* (obydlené), *populated* (osídlené), *remote* (odlehle); **Forested** (zalesněné): *populated* (osídlené), *remote* (odlehle); **Wildlands** (divoké země): *wild forests* (divoké lesy), *sparse trees* (rozptýlené stromy), *barren* (neúrodné).

Klasifikace antropobiomů není jednotná a existují různé její modifikace, kdy mírná změna vstupních dat, tříd v klasifikaci nebo použitých metod může přinést odlišné výsledky, např. Letourneau, Verburg a Stehfest (2012) nebo van Asselen a Verburg (2012). Podle Ellis a kol. (2010) historická analýza změn v rozsahu a složení antropobiomů potvrzuje, že biosféra se mezi lety 1700 a 2000 posunula z primárně divokého do převážně antropogenního stavu (obr. 5). Do současného antropogenního stavu dohnala biosféru rychlá intenzifikace využití krajiny ve 20. století. V 18. století bylo asi 95 % pevniny v kategoriích *Wildlands*

a polopřirozených antromů. Do 21. století se 55 % této rozlohy přeměnilo na *Rangelands*, *Croplands*, *Villages* a *Dense Settlements*, což zanechalo okolo 45 % v přirozeném či polopřirozeném stavu.

Obr. 5: Globální transformace antropogenních biomů mezi lety 1700 a 2000

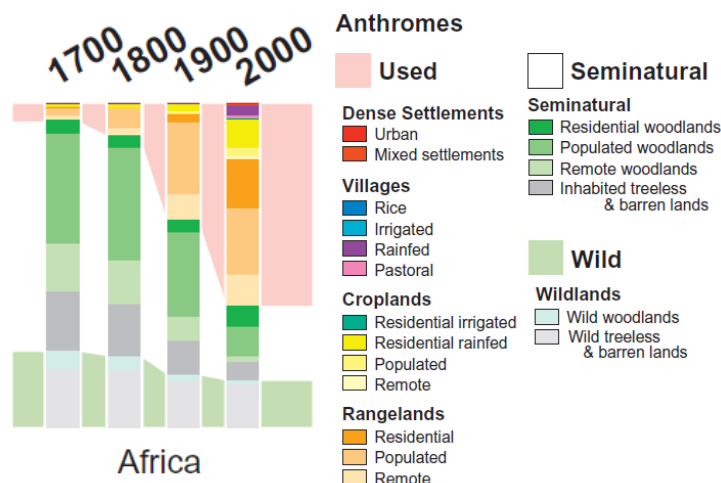


Zdroj: Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000 (Ellis a kol. 2010)

Transformace klasických biomů na antromy představuje klíčový proces, který umožňuje pochopit souvislosti a historii nových antropogenních ekosystémů vytvořených lidmi. Pro zjednodušení interpretace byly skupiny antropobiomů agregovány do tří základních kategorií zobrazené v obr. 6: *Used* (využívané) – kombinace hustě zalidněných oblastí, vesnic, zemědělských půd a pastvin, *Seminatural* (polopřirozené) – zalesněné oblasti a *Wildlands* (divoké) – divoké země (Ellis a kol. 2010).



Obr. 6: Změny v antropobiomech v Africe v letech 1700-2000



Zdroj: Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000 (Ellis a kol. 2010)

Poznámka: Trendy ve skupině využívaných antromů (*Used*) jsou v pozadí zvýrazněny červeným stínováním, divoké antromy (*Wild*) zeleným stínováním a polopřirozené antromy (*Seminatural*) byly ponechány prázdné (bílé).

## 2.6 Archetypy krajinných systémů

Využívání půdy se stalo hlavní hybnou silou globálních změn, protože lidská populace zásadně změnila a mění krajinu za účelem uspokojení svých potřeb. Více než 75 % terestrického povrchu vykazuje známky antropogenních změn (Václavík a kol. 2013; Ellis a Ramankutty 2008). Očekává se zvýšení zemědělské produkce k zajištění poptávky po potravinách a jiných komoditách. Procesy využívání půdy však zůstávají na globální úrovni málo pochopeny. K identifikaci potenciálu pro intenzifikaci je třeba zmapovat systémy využití půdy. Ty však často reprezentují krajinný pokryv a omezeně odrážejí vliv člověka (Václavík a kol. 2013).

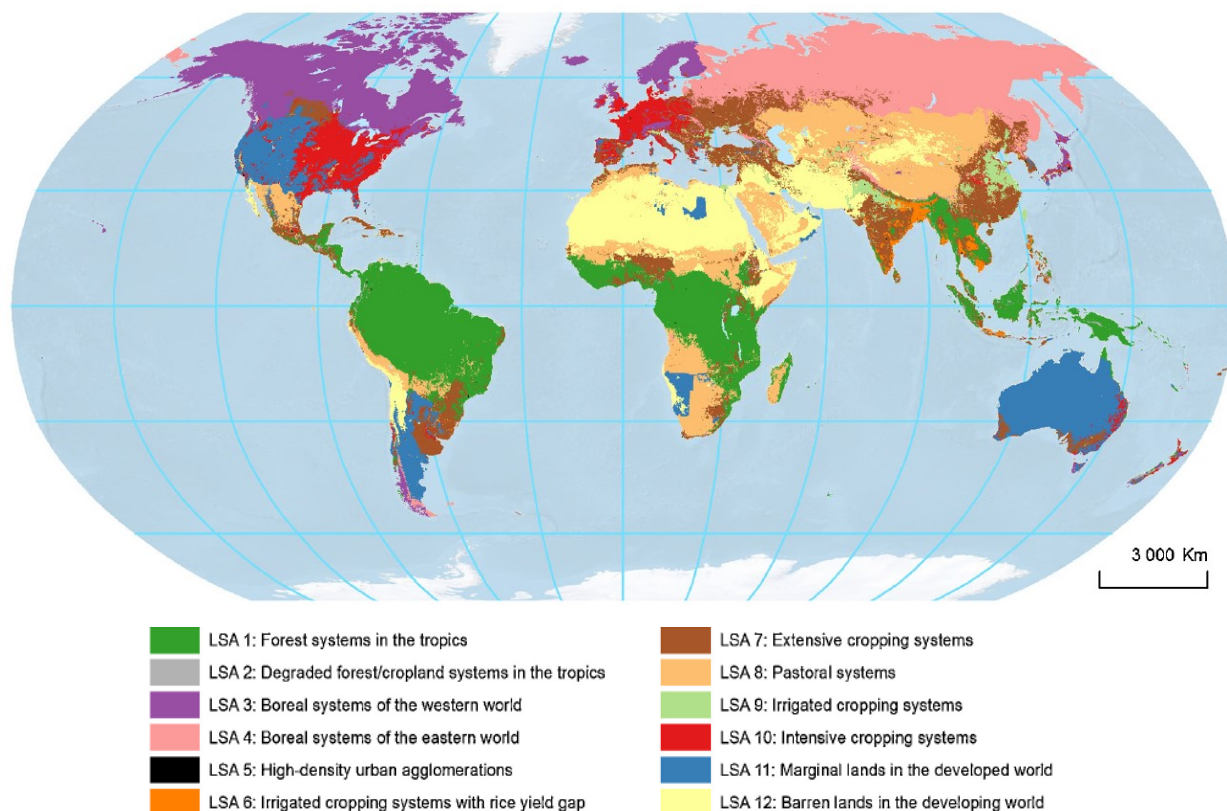
Na tato tvrzení navazuje nový přístup pro reprezentaci interakce mezi člověkem a životním prostředím, a to klasifikace archetypů krajinných systémů. Václavík a kol. (2013) definovali archetypy jako jedinečné kombinace intenzity využívání půdy, podmínek životního prostředí a socioekonomických faktorů. Výsledkem byla globální mapa 12 archetypů (obr. 7), která odhalila interakce mezi člověkem a životním prostředím a intenzitou využívání půdy. Podle Václavík a kol. (2013) mapování archetypů krajinných systémů značí první krok k lepšímu chápání globálních modelů interakcí mezi člověkem a přírodním prostředím.

V Africe lze nalézt 5 z celkových 12 kategorií archetypů. Největší rozlohu zaujímají lesní systémy v tropech (*Forest systems in the tropics*), hojně zastoupená je neúrodná krajina rozvojového světa (*Barren lands in the developing world*). Velkou část kontinentu zabírají pastevecké systémy (*Pastoral systems*). Ostatní kategorie včetně extenzivních systémů obdělávání půdy (*Extensive cropping systems*), která se vyznačuje vysokou hustotou orné půdy, jež za posledních 50 let přibyla, a okrajové krajiny rozvinutého světa charakteristické

nízkou intenzitou využití půdy (*Marginal lands in the developed world*), jsou zastoupeny minimálně.

Klasifikace identifikovala zajímavé regionální příklady, které přesahují monotematické analýzy pouhých několika ukazatelů. Výsledky například odhalily neočekávané podobnosti krajinných systémů po celém světě, ale naopak poukázaly na diverzitu krajinných systémů na národní úrovni (Václavík a kol. 2013).

Obr. 7: Globální mapa archetypů krajinných systémů



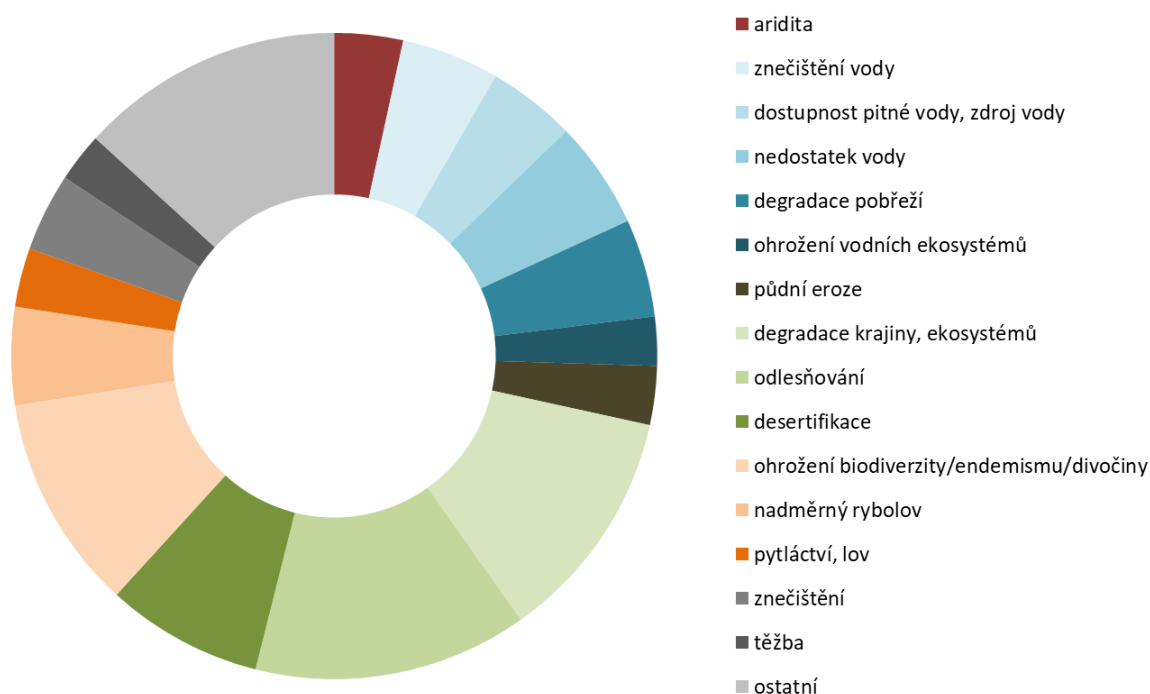
Zdroj: Mapping global land system archetypes (Václavík a kol. 2013)

Poznámka: *Forest systems in the tropics* (lesní systémy v tropech), *Degraded forest/cropland systems in the tropics* (degradované lesní/zemědělské systémy v tropech), *Boreal systems of the western/eastern world* (boreální systémy západního/východního světa), *High-density urban agglomerations* (hustě zalidněné městské aglomerace), *Irrigated cropping systems with rice yield gap* (uměle zavlažované zemědělské systémy s prostorem pro výnos rýže), *Extensive cropping systems* (extenzivní zemědělské systémy), *Pastoral systems* (pastevecké systémy), *Irrigated cropping systems* (uměle zavlažované zemědělské systémy), *Intensive cropping systems* (intenzivní zemědělské systémy), *Marginal lands in the developed/developing world* (okrajové krajiny rozvinutého/rozvojového světa).

### 3 TRANSFORMACE PŘÍRODNÍ SFÉRY

Přírodní bohatství Afriky vázané na rozmanitost fyzickogeografických poměrů sféry je rozsáhlé, ale zároveň kontinent patří mezi nejvíce ohrožené mnoha environmentálními problémy (UNEP 2008). Rozsah a rozložení hlavních problémů v zájmovém území shrnuje graf 1. Nejvíce problémů se nachází ve sféře vegetace (33 %), dále v oblasti hydrologických poměrů (22 %) a biodiverzity (19 %). K samotným nejčastějším problémům patří odlesňování, degradace krajiny a ekosystémů, ohrožení biodiverzity, potažmo endemismu, a desertifikace.

Graf 1: Environmentální problémy Afriky s největším zastoupením podle fyzickogeografických sfér



Zdroj: Africa: Atlas of Our Changing Environment (UNEP 2008), vlastní zpracování

Poznámka: Environmentální problémy byly rozděleny do vzájemně si příbuzných sfér: klima (červeně), hydrologické poměry (modře), půdní poměry (hnědě), vegetace (zeleně), biodiverzita (oranžově), přímá antropogenní činnost a ostatní (šedě).

#### 3.1 Biofyzikální faktory a procesy

Tato práce se zabývá antropogenní transformací přírodní sféry, ale je důležité zmínit, že ke změnám přírodních podmínek dochází přirozeně, i bez vlivu člověka. Existuje řada přírodních biofyzikálních faktorů, které řídí procesy degradace krajiny v různých prostředích, zejména v subsaharské Africe. Jak uvádí Kiage (2013), čtyřmi nejdůležitějšími skupinami faktorů jsou: 1) vlastnosti půdy, 2) vlastnosti klimatu, 3) geomorfologické poměry a 4) vegetace. Tyto fyzickogeografické faktory mají schopnost vzájemné interakce mezi sebou nezávisle na

lidském zásahu. Ovšem rozlišování či izolování čistě biofyzikální od antropogenní příčiny není vůbec přímočaré.

Vliv biofyzikálních faktorů na degradační procesy lze dobře ilustrovat na příkladu odtokové oblasti jezera Baringo v severní Keni (Snelder a Bryan 1995; Kiage a Liu 2009). K degradaci krajiny zde dochází vlivem klimatu, srážkové úhrny jsou nízké a rozkolísané a většina srážek spadne v přívalových deštích během několika dnů. Nízké úhrny srážek limitují rozvoj vegetace a přívalové deště pak působí přímo na holou půdu. Dochází tak k erozi půdy a jejímu rychlému odnosu, čemuž přispívá i topografie území a vlastnosti půdy. Strmé svahy a druhy půd mají vliv na erozivitu (tj. schopnost uvolnit a transportovat) i erodibilitu (tj. odolnost vůči uvolnění a transportu) půd. Půdy v subsaharské Africe, zejména v savanách východní a západní Afriky, jsou zvláště náchylné k erozi, neboť jsou to převážně písčité a jílovité půdy, které mají slabou strukturální stabilitu (Kiage 2013). Jejich půdní vlastnosti v souvislosti se strmými svahy, řídkou vegetací a sporadickými bouřkami, mohou být klíčem k pochopení vysoké míry eroze půdy a následné degradace krajiny v mnoha částech subsaharské Afriky.

Případy s vlivem biofyzikálních faktorů mohou být jedinečné nebo mohou působit v interakci s antropogenní činností. V literatuře je však role biofyzikálních faktorů často přehlížena, což může vést k nadhodnocování lidského vlivu na prostředí.

## **3.2 Změny klimatických podmínek**

Globální hrozbou pro přírodní sféru je změna klimatu, kde jsou hlavními činiteli teplotní a srážkové poměry (Darkoh 2009). Lze pozorovat i dále očekávat více variabilní počasí s extrémními výkyvy, jimiž jsou teplé a chladné vlny a období sucha a dešťů, u kterých se předpokládá častější a závažnější výskyt (Darkoh 2009). Nejspíše nejohroženějším kontinentem je právě Afrika vzhledem ke své poloze na Zemi a také k nízké schopnosti adaptace (IPCC 2014a). Změna klimatu je na jednu stranu sice přirozený proces, ale v dnešní době je většinou přičítána antropogenní činnosti (Kruger a Sekele 2013; Archer a Tadross 2009), která tento přírodní proces umocňuje. Antropogenní vliv na klima je v souvislosti s hospodářským rozvojem patrný od poloviny 20. století a nabývá stále většího významu.

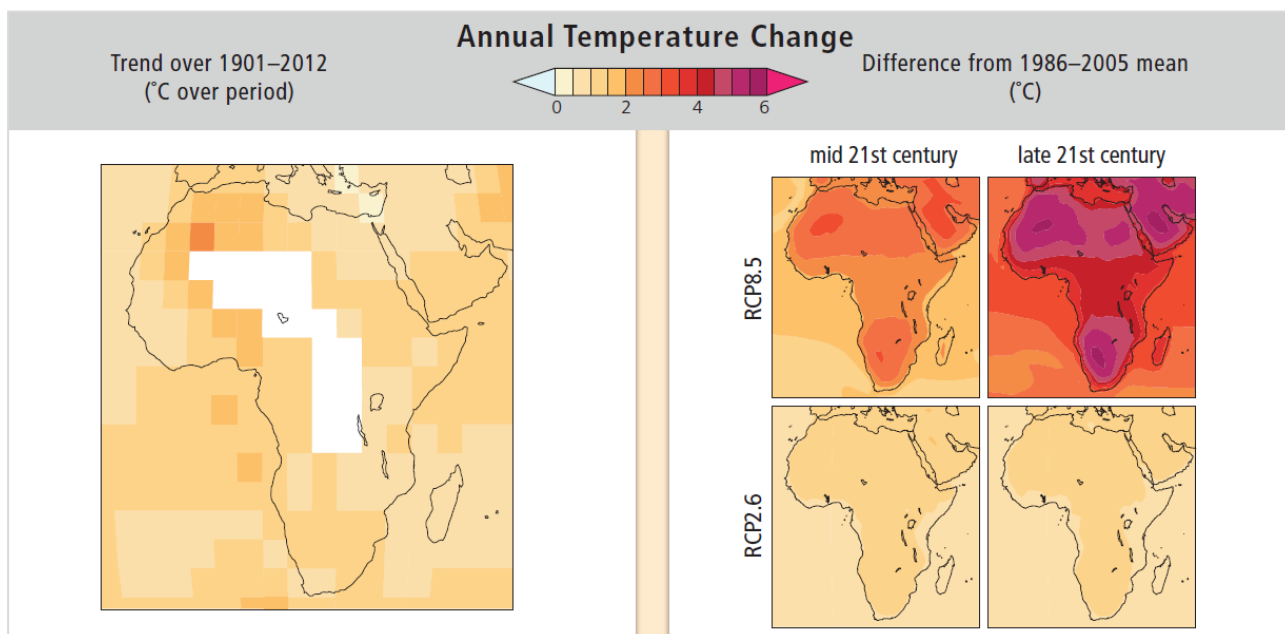
### **3.2.1 Teplotní poměry**

Důsledkem změny klimatu jsou většinou rostoucí teplotní trendy, s čímž souvisí globální změny teplotních extrémů. Podle Mezivládního panelu pro změnu klimatu (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*, dále IPCC) došlo k navýšení globální průměrné teploty vzduchu o 0,89 °C pro období 1901-2012 a 0,72 °C pro období 1951-2012 (IPCC 2014b). Z výsledků IPCC (2014b) plyne, že se průměrná roční teplota na většině území Afriky za posledních 50 až 100 let zvýšila o 0,5 °C nebo více (obr. 8 vlevo). Rychlejší oteplování se



projevilo výrazněji u minimálních teplot než u maximálních (IPCC 2014b). Pro centrální část kontinentu bylo pokrytí údajů nedostatečné k vyvození jasných závěrů.

Obr. 8: Změny průměrných ročních teplot v Africe



Zdroj: Climate Change 2014, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Part B: Regional Aspects (IPCC 2014a)

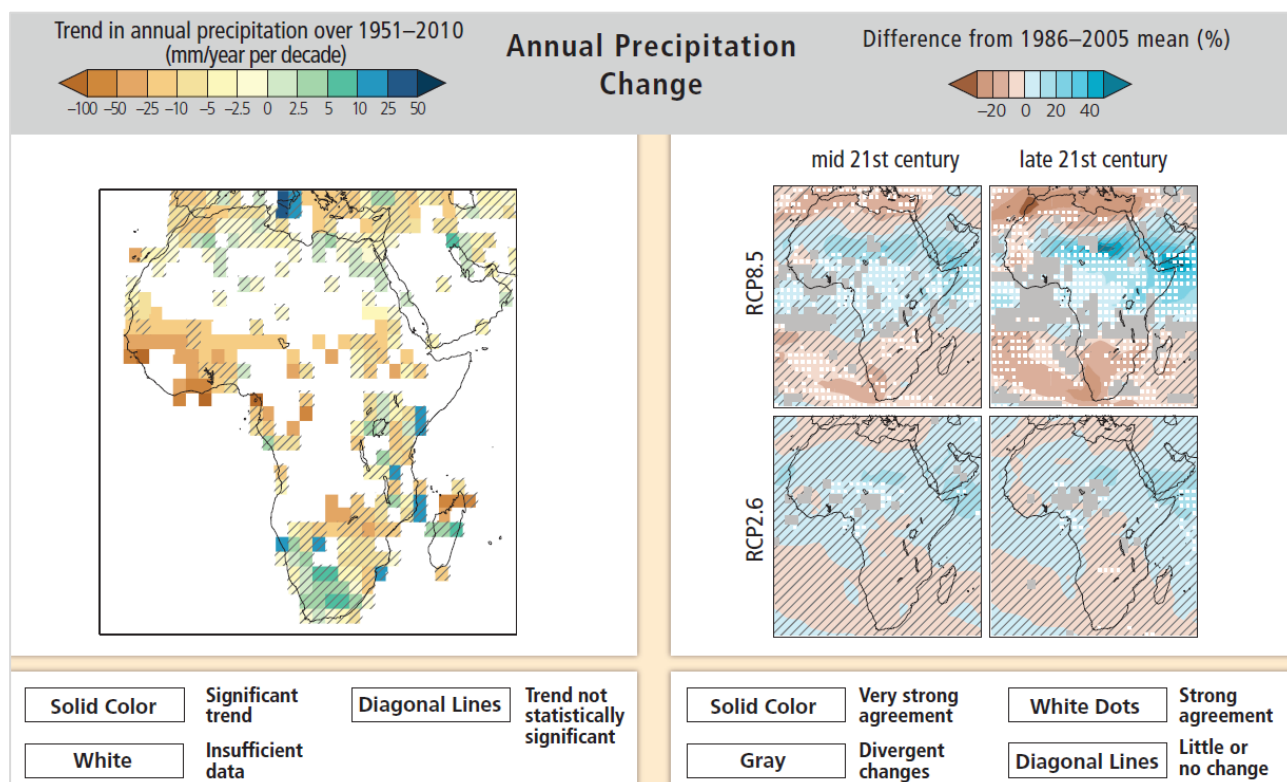
Poznámka: Levá část: Pozorované změny průměrných ročních teplot v letech 1901–2012 [°C]. Pravá část: Předpokládané změny průměrných ročních teplot pro polovinu a konec 21. století, vzhledem k teplotním průměrům let 1986–2005 [°C].

Podle budoucí předpovědi dvou modelů (obr. 8 vpravo) lze v Africe očekávat další nárůst teplotních poměrů, a to rychleji než v případě celosvětového průměrného nárůstu teplot v průběhu 21. století (IPCC 2014a). U obou modelů RCP2.6 a RCP8.5 je zvýšení průměrné roční teploty nad pevninou velmi pravděpodobné v polovině a ke konci 21. století. Změna průměrné roční teploty u modelu RCP2.6 je menší než 2 °C v polovině i ke konci 21. století. U modelu RCP8.5 jsou nad většinou kontinentu změny vyšší než 2 °C v polovině 21. století a vyšší než 4 °C ke konci 21. století. Předpokládané změny teplot se mezi modely liší především ve velikosti a poloze. Podle modelu RCP2.6 lze očekávat mírné nárůsty teplot na celém kontinentu, zatímco u modelu RCP8.5 lze předpokládat vyšší nárůsty teplot hlavně v severní a jižní Africe (IPCC 2014a).

### 3.2.2 Srážkové poměry

Důsledkem změny klimatu je také vysoký stupeň proměnlivosti srážkových trendů v prostoru a čase (IPCC 2014b). V Africe však byl problém při získávání dat, jelikož většina kontinentu má nedostatek pozorovaných dat k vyvození závěrů. Srážková data v mnoha oblastech navíc vykazovala nesrovnalosti mezi různými sadami. Oblasti, kde dostatečné údaje k dispozici byly, vykazovaly v průběhu 20. století změny průměrných ročních srážkových úhrnů (obr. 9 vlevo).

Obr. 9: Změny průměrných ročních srážkových úhrnů v Africe



Zdroj: Climate Change 2014, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Part B: Regional Aspects (IPCC 2014a)

Poznámka: Levá část: Pozorované změny průměrných ročních srážkových úhrnů v letech 1951–2010 [mm/rok pro dekádu]. **Solid Color** (plná barva) = **Significant trend** (významný trend); **Diagonal Lines** (šikmé linie) = **Trend not statistically significant** (statisticky nevýznamný trend); **White** (bílá) = **Insufficient data** (nedostatečná data). Pravá část: Předpokládané změny průměrných ročních srážkových úhrnů pro polovinu a konec 21. století, vzhledem ke srážkovým průměrům let 1986–2005 [%]. **Solid Color** (plná barva) = **Very strong agreement** (velmi silná shoda); **White dots** (bílé tečky) = **Strong agreement** (silná shoda); **Gray** (šedá) = **Divergent changes** (odchylné změny); **Diagonal lines** (šikmé linie) = **Little or no change** (malá nebo žádná změna).

Budoucí předpověď úhrnů a rozložení srážek podle dvou modelů (obr. 9 vpravo) je více variabilní než předpověď teplot, jelikož srážky vykazují vyšší prostorové a sezonní závislosti (IPCC 2014a). Pro kontinent v obou časových měřítkách lze předpokládat u modelu RCP2.6 nižší variabilitu změn, zatímco model RCP8.5 očekává variabilitu změn srážek vyšší. U obou modelů a v obou časových měřítkách lze pozorovat nárůsty srážek obecně v oblastech střední a východní Afriky a poklesy srážek v severní a jižní Africe.

### 3.3 Změny hydrologických podmínek

V porovnání s ostatními kontinenty je Afrika co do objemu využitelných zásob vody na předposledním místě před Oceánií. Jako druhý nejsušší kontinent se potýká hlavně s nedostatkem pitné vody, její dostupností a znečištěním, dále dochází k degradaci pobřeží a v neposlední řadě i k ohrožení vodních ekosystémů (UNEP 2008). Roční objem pitné vody v Africe je 3 931 km<sup>3</sup>, což odpovídá podílu 9 % z celkových světových zásob pitné vody (FAO 2016). Voda na kontinentě je přirozeně distribuována nerovnoměrně, podle UNEP (2010) je nejvíce zásob ve střední a západní Africe, dále pak v jižní Africe, nejmenšími zásobami disponuje severní Afrika.

Rozdíly v zásobách vody jsou dány přírodními podmínkami, především srážkovými poměry, které jsou čím dále více ovlivňovány změnou klimatu. Jak již bylo zmíněno, dochází k proměnlivosti srážek, což má velký vliv na zásoby vody. Jeden z klimatických vlivů na hydrologické poměry představuje i jev *ENSO (El Niño-Southern Oscillation)*, který ovlivňuje meziroční variabilitu srážek a období sucha (např. způsobuje období sucha a povodní) na lokální, regionální i globální úrovni. Region střední a jižní Afriky koreluje s variabilitou *ENSO*, zatímco případy nedostatku vody zde nejsou časté. Region severní Afriky je citlivý vůči *ENSO* a je tak vystaven relativně častým případům nedostatku vody (Veldkamp a kol. 2015).

K ovlivňování přírodních podmínek a tudíž i vodních zdrojů dochází také lidskou činností. K antropogenním faktorům přispívajícím ke změně hydrologického režimu patří obecně jeho neefektivní využívání, degradace povodí, změny krajinného pokryvu a dobývání surovinových zásob rychlejším tempem než je jejich obnova (UNEP 2013). Ke změně hydrologického režimu, a s ním souvisejícím sezonním tokem, došlo například v povodí řeky Kabompo v Zambii v důsledku degradace vegetace (např. intenzivním zemědělstvím a hornictvím) a odlesňování (Kampata a kol. 2013).

Zdroje vody se odvíjejí od měnících se klimatických, hydrologických a socioekonomických podmínek. V posledních desetiletích vedla kombinace těchto podmínek k nárůstu problémů s nedostatkem vody, což patří k nejnebezpečnějším globálním rizikům (Veldkamp a kol. 2015). Úbytek sladkovodních zásob může být zapříčiněn poklesem srážek spolu s nadměrným užíváním zdrojů. Analýza vzájemných vztahů mezi rostoucí populací a zdroji vody je komplikovaná díky nejistotám souvisejícím s projektovanými změnami klimatu a vývojem populace (Parish a kol. 2012).

Budoucí dostupnost vody tedy závisí na poptávce po vodě, která se s rostoucí populací bude zvyšovat. Zásoby vody jsou závislé na klimatických změnách při nejistých srážkových a teplotních poměrech, objemu a načasování říčních průtoků a zásobách podzemních vod. Asymetrie mezi dostupností vody a hustotou zalidnění mohou způsobit nerovnoměrnou poptávku po vodě (Beck a Bernauer 2011). Zvyšující se poptávka po vodě povede k dalším poklesům odtoku. Zásoby vody a její dostupnost v konečné fázi ovlivňuje přístup ke zdrojům vody přímo místním obyvatelům.

### **3.4 Změny krajiny**

Degradace krajiny je problémem především v tropické Africe (zejména v subsaharské Africe), kde je vážnější než v mimotropické Africe (Kiage 2013). Degradace je proces znehodnocování krajiny, který snižuje schopnost produkce potravin a materiálů (UNEP 2008). V důsledku antropogenních aktivit spolu se změnou klimatu se za příčiny degradace krajiny považuje kombinace fyzických a socioekonomických faktorů (Boardman a kol. 2017; Helldén

a Tottrup 2008). Jako důvody pro nárůst degradace krajiny je často uváděna složitá souvislost mezi nadměrnou populací, chudobou, nadměrným spásáním a nevhodnými zemědělskými postupy (Vågen a kol. 2016). Využívání a správa krajiny jsou kritickými činiteli, které podléhají ekonomickým, sociálním a politickým nátlakům. Degradace je často způsobena špatnými rozhodnutími o výběru pěstovaných plodin a o rychlosti jejich pěstování, což vystavuje holou půdu srážkám, odtoku nebo větru (Boardman a kol. 2017).

Degradace krajiny má také významné důsledky pro změnu klimatu, neboť může vést ke zvýšení emisí CO<sub>2</sub> vlivem například odlesňování, snížení ukládání nadzemního a podzemního uhlíku či ovlivňování schopnosti ekosystémů regulovat procesy mezi půdou, vegetací a atmosférou a poskytovat zásadní ekosystémové služby (Vågen a kol. 2016). Podle Boardman a kol. (2017) v místě degradace krajiny důsledky zahrnují pokles výnosů ze sklizně způsobený ztrátou živin z půdy, která se ztenčuje a ztrácí retenční schopnost. Mimo místo degradace krajiny důsledky zahrnují sedimentaci nádrží, ekologické poškozování sladkovodních systémů a záplavy. Jak uvádí Darkoh (2009), neudržitelné postupy při využívání krajiny, jejichž důsledkem je její degradace, lze řadit do několika kategorií: expanze pěstování na nevyhovující plochy, „vytěžování“ půdy (tj. vyčerpání produktivity v důsledku neinvestování do půd – hnojení, organické materiály, úhor,...), zkracování období ladu, nadměrné spásání a nekontrolované sklizení biomasy. Podle Boardman a kol. (2017) degradovaná krajina tvoří kontinuum od ztráty některých druhů rostlin až po úplnou ztrátu půdy včetně živin, uhlíku a vegetativního krytu.

Současná degradace krajiny by měla být vnímána v kontextu cca 200 leté historie nadměrného spásání a omezených ploch bývalého pěstování v údolích. I přes omezené spásání bude krajina vyžadovat k obnově několik desetiletí. Dalšími příčinami minulých degradací byla pravděpodobně i období sucha a požárů (přírodních i řízených) a postupný nárůst intenzity srážek a frekvence extrémních srážkových událostí (Boardman a kol. 2017).

### **3.4.1 Degradace půdy**

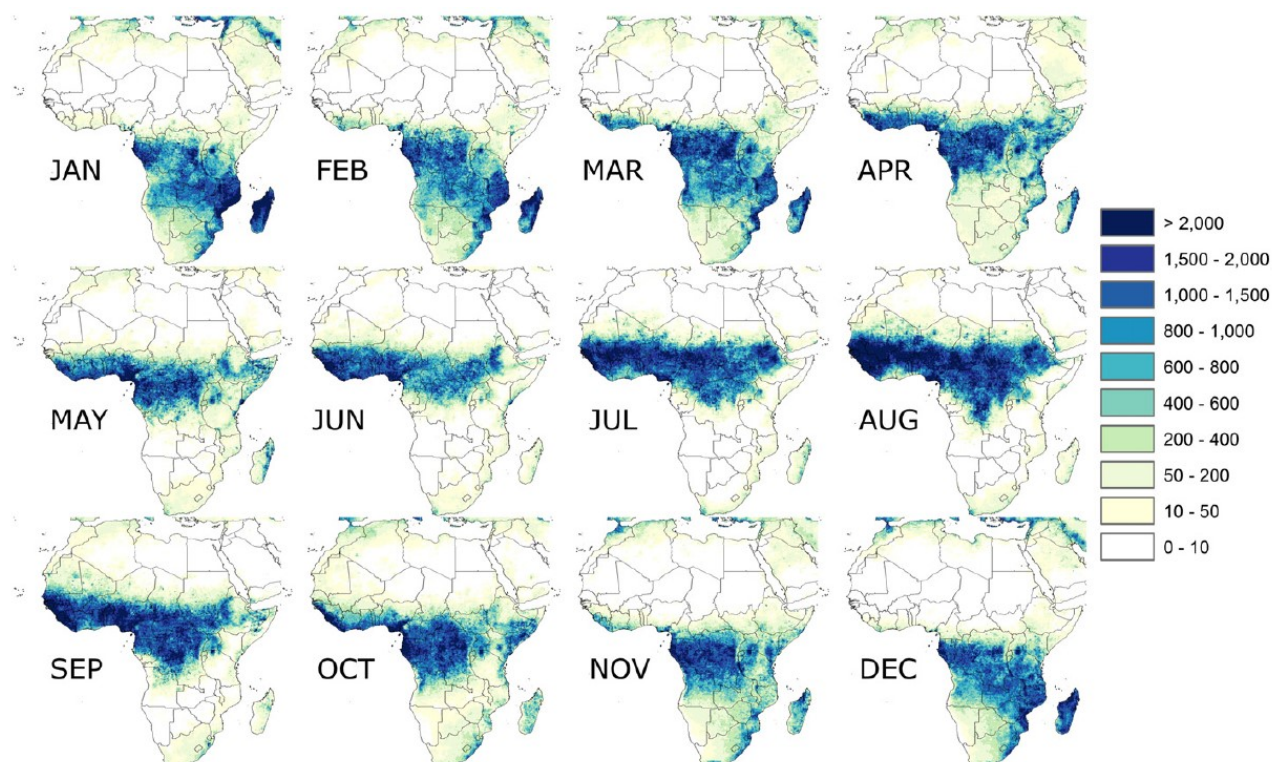
Člověk ovlivňuje přírodní prostředí Afriky nejspíše déle než kterékoli jiné ekosystémy na Zemi a jedním z výsledků této interakce je degradace půdy. Jak uvádí Vågen a kol. (2016), degradace půdy se v mnoha částech subsaharské Afriky stále častěji rozšiřuje, ale její prostorové rozložení a závažnost od lokálního měřítka po kontinentální jsou obecně špatně prozkoumané. Podle Zika a Erb (2009) k degradaci půdy nejvíce dochází ve vlhkých podmínkách, méně pak v aridních oblastech (*drylands*). K degradaci půdy dochází kombinací příčin biofyzikálních faktorů (zejména sucha) a antropogenních procesů. Avšak oddělení těchto příčin a přidělení rozsahu klimatických a lidských vlivů k degradaci půdy nadále zůstává výzvou. Jak uvádí UNEP (2008), ke znehodnocování půdy dochází při fyzickém (např.

vypalování ohněm) nebo chemickém (např. salinizací) poškození nebo erozi. Mezi důsledky degradace půdy patří pokles zemědělské produktivity, pokles vegetačního krytu, změna klimatických podmínek a sezonality, migrace druhů vegetace příznivějších oblastí a migrace z venkova do měst (Ibrahim a kol. 2015).

Jednou z příčin degradace půdy je eroze. Přestože eroze půdy je důležitým procesem formování půdy, může dojít k jejímu nevratnému poškození, pokud míra eroze přesáhne rychlost tvorby půdy (Kiage 2013). Množství eroze souvisí s povětrnostními vlivy, zejména s dešťovými srážkami (Boardman a kol. 2017). Vysokým stupněm eroze půdy jsou postiženy především tropy (zejména subsaharská Afrika), což je z velké části výsledkem interakce mezi drsnými klimatickými podmínkami s vysokou erozivitou srážek (tj. síla srážek uvolňovat a transportovat půdu při povrchovém odtoku), křehkými půdami s vysokou erodovatelností, strmými svahy a špatným hospodařením s půdou (Kiage 2013). Mohamoud (2013) jako faktory půdní eroze v Africe uvádí intenzitu srážek, sklon terénu a výšku plodin. Eroze se zvyšuje spolu s nárůstem intenzity srážek a sklonem terénu a naopak se snižuje zvýšením vegetace, resp. plodin (Mohamoud 2013).

Erozivita srážek spolu s vegetací jsou vysoce variabilní faktory, které je nutné sledovat při monitorování eroze. Mapy průměrné měsíční erozivity vykazující potenciální schopnost srážek způsobit erozi v závislosti na sezonnosti klimatu v Africe zobrazuje obr. 10. Nejvyšší potenciál erozivity lze očekávat v západní a střední Africe podél Guinejského zálivu a dále pak v jihovýchodní Africe. Během roku erozivita značně kolísá v prostoru i hodnotách, jelikož srážky přibližně sledují pohyb intertropické zóny konvergence (*ITCZ – Intertropical Convergence Zone*) a během roku jsou tak rozloženy nerovnoměrně.

Obr. 10: Průměrná měsíční erozivita srážek v Africe



Zdroj: Towards large-scale monitoring of soil erosion in Africa: Accounting for the dynamics of rainfall erosivity (Vrieling a kol. 2014)

Poznámka: Průměrné měsíční hodnoty erozivity  $EI_{30}$  [ $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{měsíc}^{-1}$ ]. Indexy byly kalkulovány pro každý měsíc a rok od roku 1998 do roku 2012.

K navyšování hodnot eroze půdy dochází skrze zemědělské aktivity (Govers a kol. 2014). Eroze půdy ovlivňuje podmínky především na lokální úrovni ztrátou produktivity půdy a sníženým výnosem plodin, významný vliv má také na zhoršení kvality povrchových vod a zanášení vodních kanálů a nádrží (Mohamoud 2013). Výskyt rozsáhlé degradace půdy v subsaharské Africe je způsoben špatným hospodařením s okrajovými půdami (tj. semiaridní půdy, strmé svahy, mělké půdy) v drsných a vysoce proměnlivých klimatických podmínkách. Kultivace těchto okrajových půd je nevyhnutelným důsledkem rychlého růstu populace, který vede k úbytku až nedostatku primární zemědělské půdy (Kiage 2013). Podle Govers a kol. (2014) jsou pak důsledkem půdní eroze změny v biologickém cyklu, hydrologických poměrech a produkci plodin.

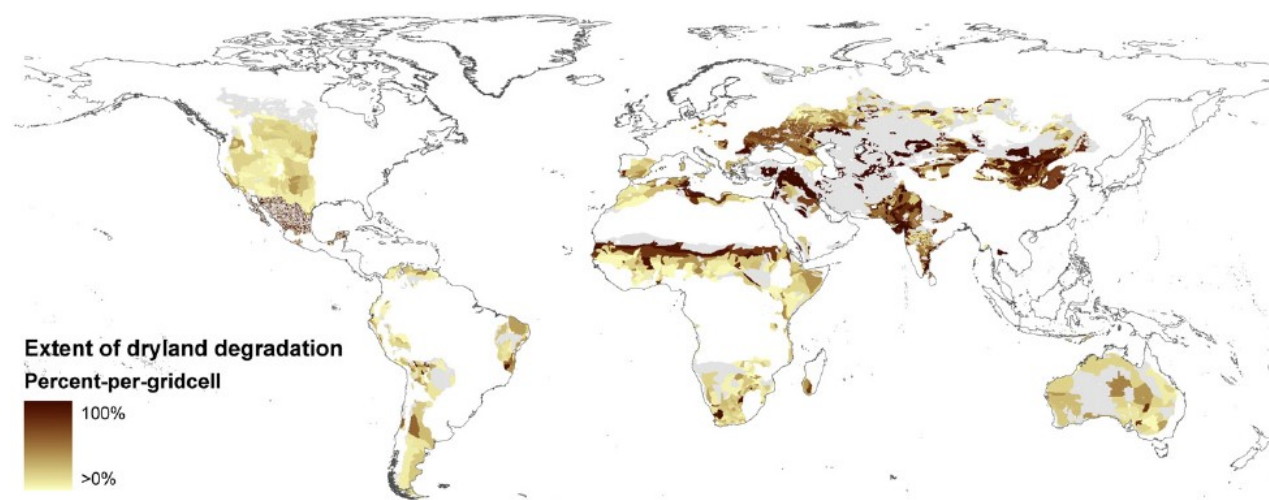
### 3.4.2 Desertifikace

Jednou z nejzávažnějších forem degradace krajiny je desertifikace. Podle UNCCD (1994, cit. ve van Luijk a kol. 2013) pojem desertifikace definuje degradaci krajiny v aridních, semiaridních a subhumidních oblastech v důsledku proměnlivosti klimatu a antropogenní činnosti. Důsledkem rozsáhlé desertifikace je dlouhodobý pokles vegetačního pokryvu a primární produktivity a též ztráta produktivity půdy a biomasy v prostoru a čase (Zika a Erb 2009; Ibrahim a kol. 2015). Podle Zika a Erb (2009) je pro degradaci v aridních oblastech



(*drylands*), které pokrývají asi 40 % světové pevniny, charakteristická proměnlivost srážek, sezonní evapotranspirace a vysoké teploty. Zika a Erb (2009) dále uvádějí, že rozsah desertifikace v těchto suchých oblastech se pohybuje mezi 10 až 20 %. Nejvíce ohrožené regiony v Africe jsou oblasti severního pobřeží, Sahelu a jižní Afriky, jak lze pozorovat na obr. 11. Podle Helldén a Tottrup (2008) patří mezi globálně nejvíce ohrožené regiony desertifikací Středomoří, Sahel a jižní Afrika. Podle UNEP (2008) jsou v Africe na desertifikaci náchylné aridní oblasti Súdánu, Sahelu a jižní Afriky, kde tvoří okraje pouští.

Obr. 11: Rozsah degradace v aridních oblastech (*drylands*) světa



Zdroj: The global loss of net primary production resulting from human-induced soil degradation in drylands (Zika a Erb 2009)

Dominantním faktorem, na který v aridních oblastech vegetace reaguje, jsou srážky. Pro rostliny nejsou dostupné přímo, ale dělí se na odtok, podzemní vodu, půdní vlhkost a evapotranspiraci. Proto než srážkové úhrny je lepším indikátorem půdní vlhkost, tj. část srážek dostupná rostlinám přímo (Ibrahim a kol. 2015). Obzvláště v Africe je reakce vegetace na srážky výrazná, jelikož je zde nízká úroveň lidské kontroly vody, zapříčiněná vysokým podílem přírodních pastvin, a zemědělství zavlažované srážkami (Helldén a Tottrup 2008). V důsledku změn způsobených dynamikou mezi vegetací a půdní vlhkostí, mohou změna klimatu a režim disturbancí vést k rychlé degradaci v místech s řídkou vegetací po pustou půdu (Ibrahim a kol. 2015). Tato prudká změna bývá často spojena s rychlým tempem desertifikace, která se odehrává ve většině *drylands* světa.

### 3.4.3 Změny krajinného pokryvu

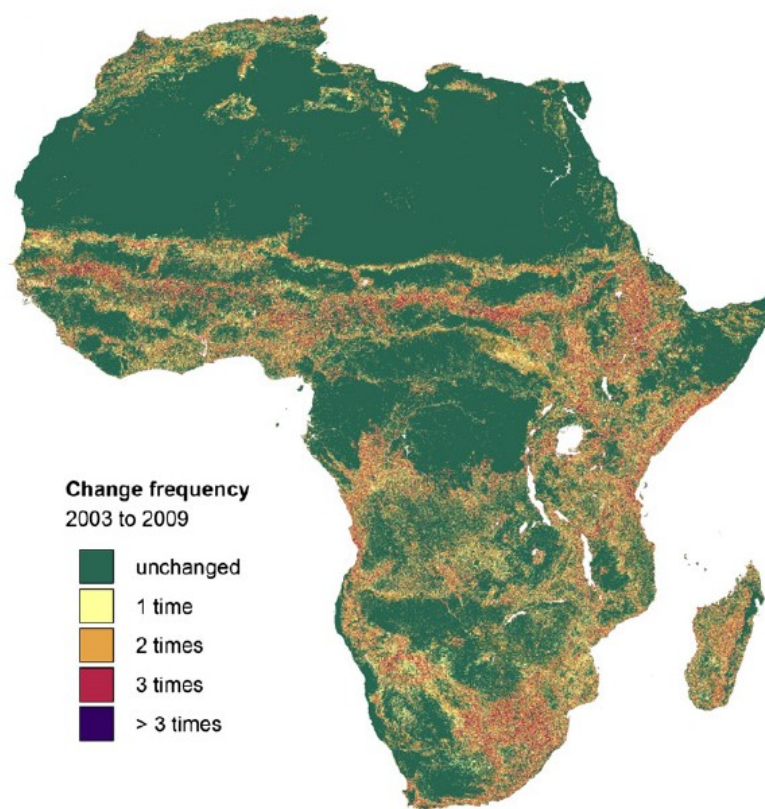
Nejen na africkém kontinentu dochází k rozsáhlým změnám krajinného pokryvu. Tato přeměna krajiny může být vyvolána přirozenými změnami životního prostředí, ale hlavní hnací silou je růst populace a jejích nároků na zdroje, s čímž souvisí reakce společnosti na ekonomické příležitosti (Jewitt a kol. 2015). Ačkoliv lidé modifikovali krajinu po tisíce let,

současné tempo změn je několikanásobně vyšší než kdy jindy, čímž se dále mění ekosystémy a environmentální procesy na lokální, regionální i globální úrovni (Ellis 2010).

Boardman a kol. (2017) uvádí, že obzvláště náchylné ke změnám jsou řídká vegetace a semiaridní krajiny, protože malé změny vegetace způsobené klimatem nebo využitím půdy mohou mít velký vliv na hydrologické a půdní poměry. Změny krajinného pokryvu vedou ke ztrátě přírodních stanovišť a biodiverzity na ně vázané, k degradaci půdy včetně vyčerpání živin, a ke změnám koloběhu vody a ukládání uhlíku (Brink a Eva 2009). Důsledkem změn krajinného pokryvu je tak především ohrožení přírodních stanovišť, což vyúsťuje v ohrožení biodiverzity.

I přes pravidelné monitorování krajinného pokryvu je obtížné podrobně mapovat rozsáhlé oblasti. Gross a kol. (2013) zmapovali změny krajinného pokryvu v Africe na kontinentálním měřítku (obr. 12). Frekvence změn byla nejvyšší v heterogenní krajině a na okrajích rozsáhlých, přirozeně homogenních krajinných celků (např. tropické pralesy, pouště). Podle Gross a kol. (2013) jsou to oblasti, kde se vyskytují mozaiky opadavých listnatých lesů, savan, křovisek (*shrubland*), travních porostů (*grassland*), mokřadů a krajinných typů přeměněných člověkem.

Obr. 12: Frekvence změn krajinného pokryvu v Africe



Zdroj: Mapping land cover changes in African protected areas in the 21st century (Gross a kol. 2013)



Z toho vyplývá, že čím více je krajina heterogenní, tím hůře se v ní detekují změny krajinného pokryvu. Dálkový průzkum Země se stal důležitým nástrojem pro poskytování přesných a včasných informací, které popisují krajinu, sledují její změny a využívají se pro modelování. Přesná klasifikace krajinného pokryvu a její změny jsou stále velkou výzvou právě v regionech s velmi vysokou heterogenitou krajiny, např. v západní Africe (Gross a kol. 2013). Západní Afrika je stále málo prozkoumaná, přesto je to důležitá oblast biodiverzity a přírodních zdrojů, která je ohrožována změnou krajiny způsobenou populačním růstem a chudobou prostřednictvím potřeb potravin, vody a energie (Badjana a kol. 2017). Hlavním dopadem těchto potřeb jsou expanze zemědělské půdy a nezákonná těžba dřeva, kdy oba faktory přispívají k odlesňování.

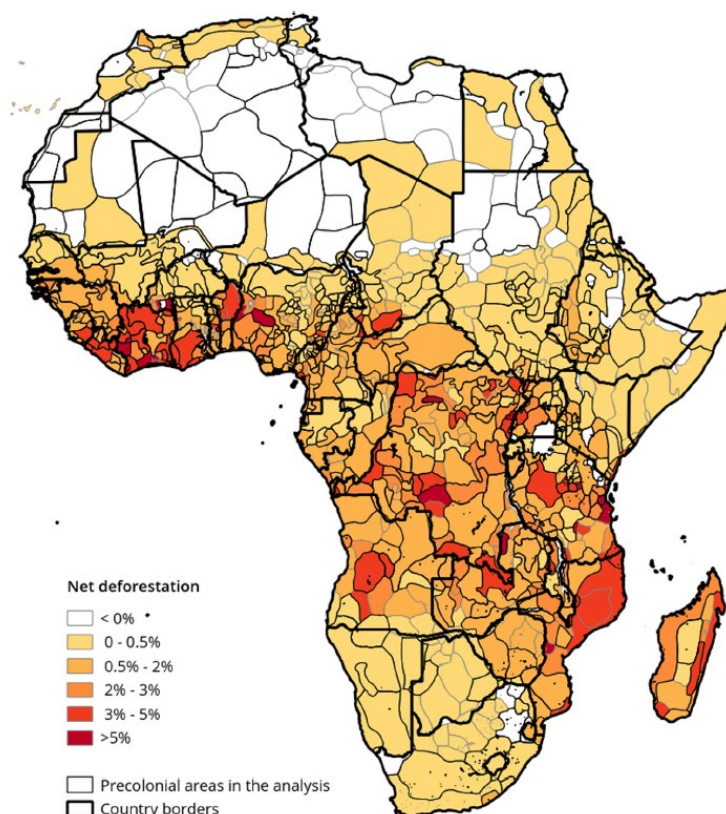
#### **3.4.4 Odlesňování**

Brink a Eva (2009) uvádějí, že v průběhu 25 let mezi lety 1975 a 2000 došlo k nárůstu zemědělských ploch a neúrodných ploch na úkor rozlohy lesních a nelesních ploch, což poukazuje na trend přeměny přírodní vegetace na zemědělské plochy. Příčinou změn je pravděpodobně nárůst populace, která se v Africe v tomto období téměř zdvojnásobila.

Změna přirozených lesních ploch na jiné využití krajiny se nazývá deforestace, neboli odlesňování (Global Forest Watch 2019). Dochází k ní při přeměně lesů na zemědělské plochy, louky a pastviny, zástavbu, těžbě dřeva nebo při kácení dřeva pro obyvatele na otop (UNEP 2008). Ztráta lesního porostu však nemusí vždy znamenat odlesňování, k úbytku lesních ploch může dojít z různých důvodů (např. ohněm, kácením, nemocemi, poškozením), kdy deforestace je jednou z těchto možností (Global Forest Watch 2019). Úbytek lesů cíleným odlesňováním se týká především zalesněných oblastí tropů, což jsou v Africe lesy střední a západní Afriky. Většina problematických oblastí není situována do tropických oblastí Konga, ale do států západní Afriky (Spracklen a kol. 2015).

Larcom a kol. (2016) uvádí deforestaci jako čistou ztrátu lesů získanou rozdílem mezi úbytkem a nárůstem lesního porostu. Odlesňování zde koreluje s mírou etnické roztržitosti (navazující na předkoloniální éru) napříč kontinentem obsažené v místních komunitách. Obr. 13 zobrazuje odlesňování na africkém kontinentě v územních jednotkách předkoloniální éry. Více roztržitá společnost je méně schopná čelit státním institucím, korupci ve státní správě a ve výsledku i nezákonné těžbě dřeva (Larcom a kol. 2016).

Obr. 13: Odlesňování ve státech Afriky zasazené do předkoloniálních území



Zdroj: Precolonial institutions and deforestation in Africa (Larcom a kol. 2016)

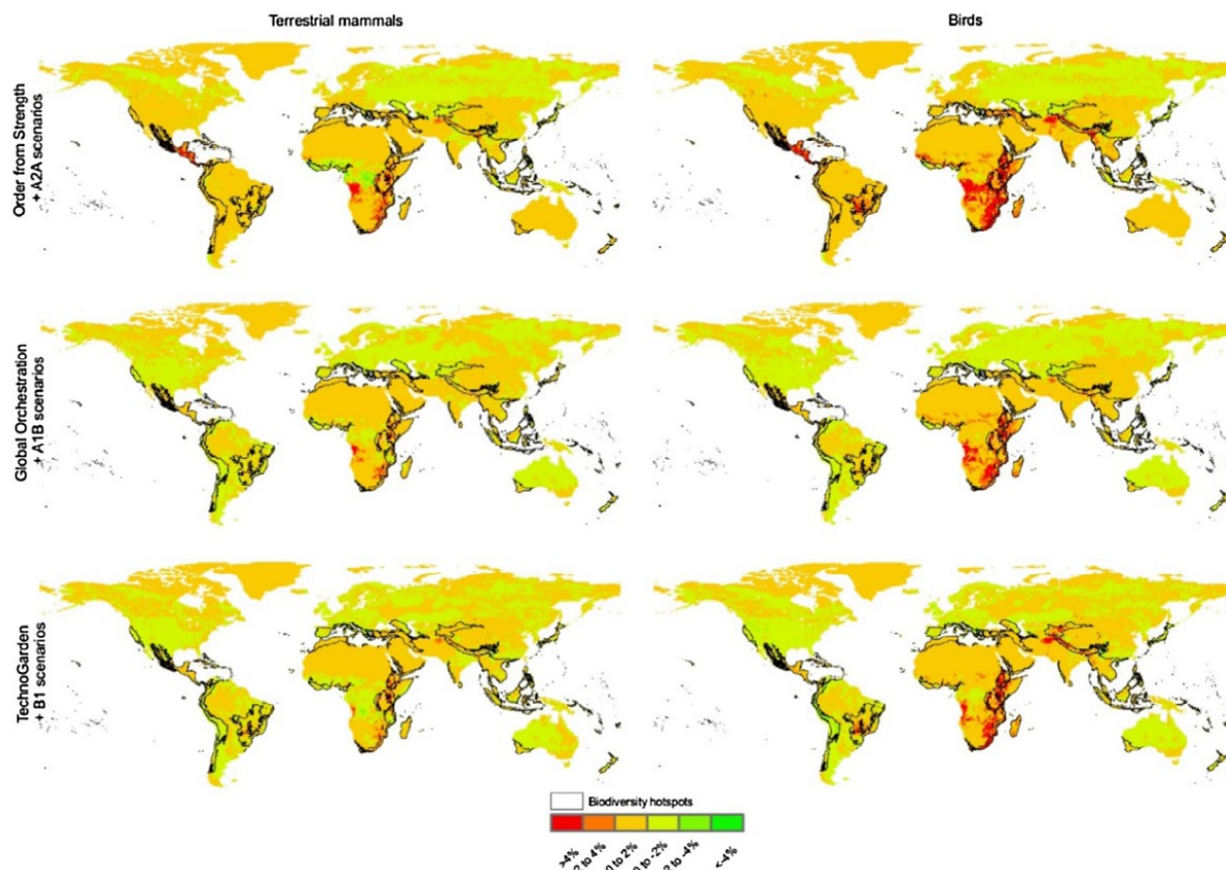
Poznámka: *Net deforestation* (čistá ztráta lesů = rozdíl mezi ztrátou a ziskem lesního porostu); *Precolonial areas in the analysis* (analyzovaná předkoloniální území); *Country borders* (hranice států).

### 3.5 Změny biodiverzity

Se změnou přírodních podmínek a zvyšujícím se antropogenním nátlakem přicházejí i změny biodiverzity a globální biodiverzita tak rychle klesá. Hlavními činiteli ztráty celosvětové biodiverzity je změna krajinného pokryvu a s ní spojená ztráta přírodních stanovišť (Jewitt a kol. 2015). Mezi faktory ohrožující biodiverzitu a vedoucí k její potenciální ztrátě patří: změna klimatu, různé druhy znečištění, změna krajinného pokryvu, pytláctví, lov a ilegální obchod s vybranými druhy (např. sloní kly, nosorožčí rohy a leopardí kůže) a invazivní druhy (Biggs a kol. 2008; Darkoh a kol. 2009). Podle Wilting a kol. (2017) téměř dvě třetiny ztrát globální biodiverzity byly způsobeny přímým využíváním půdy (zemědělství – krmivo, potraviny; a lesnictví) a nepřímým využíváním půdy (antropogenní zásahy). Ve většině zemí/regionů měla největší stopu spotřeba potravin.

Zkoumáním vlivu změn klimatu a krajinného pokryvu na globální ztráty biodiverzity bylo podle Mantyka-Pringle a kol. (2015) zjištěno, že podle interakce klimatu a přírodních stanovišť se odvíjí žebříček ohrožených horkých skvrn (*hotspots*) biodiverzity. Obr. 14 zobrazuje celosvětový odhad rizik pro suchozemské savce, ptáky a *hotspots* biodiverzity vůči předpokládané budoucí změně krajinného pokryvu v několika projekcích interakce mezi změnou klimatu a ztrátou přírodních stanovišť.

Obr. 14: Globální riziko pro druhy ovlivněné změnou krajinného pokryvu



Zdroj: Climate change modifies risk of global biodiversity loss due to land-cover change (Mantyka-Pringle a kol. 2015)  
 Poznámka: *Terrestrial mammals* (suchozemští savci); *Birds* (ptáci); *Biodiversity hotspots* (horké skvrny biodiverzity). Procentuální hodnoty představují změny počtu postižených druhů. Červená až oranžová: oblasti, kde interakce mezi změnou klimatu a ztrátou přírodních stanovišť zvyšuje riziko pro druhy vzhledem k budoucí změně krajinného pokryvu; světle zelená až zelená: oblasti, kde interakce mezi změnou klimatu a ztrátou přírodních stanovišť snižuje nebo nemá vliv na riziko pro druhy vzhledem k budoucí změně krajinného pokryvu.

Změna klimatu předpovídá zvýšení rizika ztráty biodiverzity pro savce a ptáky zasažené změnou krajinného pokryvu v mnoha oblastech světa, účinky vlivu se ale prostorově liší. Riziko narůstá v oblastech předpokládaného navýšení teplot, zatímco klesá v oblastech předpokládaného nárůstu srážek (Mantyka-Pringle a kol. 2015). V Africe bude mít interakce dvou faktorů nejvyšší dopad na regiony východní a jižní Afriky. Biodiverzita ptáků může být ovlivněna i v západní Africe. Naproti tomu regiony severní a střední Afriky mohou očekávat nižší rizika ohrožení biodiverzity. Obecně projekce ovlivňují více ptáky než savce.

Jelikož antropobiomy do značné míry nahradily divokou krajinu v nejrozmanitějších a nejproduktivnějších regionech světa a tyto nové ekosystémy pokrývají téměř dvojnásobek světové rozlohy divokých krajín, potřeba zachování biodiverzity v antropomech je stále více kritická (Ellis 2013). S dalším vývojem může míra vymírání dále stoupat. Lidská populace, využití krajiny a antropobiomy bývají soustředěny do produktivnějších a rozmanitějších oblastí biosféry. Částečně z toho důvodu je ztráta přírodních stanovišť vyvolaná člověkem v současnosti považována za největší hrozbu pro biodiverzitu. Lidstvo bylo a je přímou

příčinou vymírání druhů (zejména megafauny), redukcí, fragmentací a transformací původních stanovišť a nadměrným vykořisťováním jednotlivých druhů (Ellis 2013). Současná míra terestrických vymírání se značně liší podle taxonů, nejvíce ohroženi jsou zejména savci, plazi a obojživelníci (Ellis 2013). Ačkoli urbanizace a intenzifikace využívání krajiny vytvářejí předpoklady pro využívání méně půdy k produkci více potravin, tyto procesy samy o sobě nechrání půdu ani druhy.

Podle předpokládaných změn klimatu a krajinného pokryvu a jejich vzájemné interakce v blízké budoucnosti může docházet k dalšímu zvyšování ohrožení biodiverzity. Narušení biodiverzity je velkou hrozbou, s dopady na genetické, druhové, komunální a ekosystémové úrovni. Změna klimatu a krajinného pokryvu ovlivňující biodiverzitu má dále zásadní dopady na ochranu přírody (kapitola 3.7).

Současné národní politické strategie se zaměřují především na snižování dopadů na biodiverzitu v dané zemi. Je však třeba brát v úvahu, že spotřeba v určité zemi (nebo regionu) může mít vliv na ztráty biodiverzity i jinde, a to prostřednictvím globálních řetězců (Wilting a kol. 2017). Podle nich lze aplikovat účinné strategie zaměřené na globální biodiverzitu. Wilting a kol. (2017) uvádí, že přibližně polovina exportovaných ztrát z environmentálních tlaků na Afriku byla výsledkem evropské spotřeby.

### **3.6 Přímá antropogenní činnost**

Přechod doby železné v Africe představoval čas, kdy se vztah mezi člověkem a jeho prostředím začal zásadně měnit téměř na kontinentálním měřítku. V subsaharské Africe dobu železnou charakterizuje období mezi lety 1000 př. n. l. a 1500, které v africkém kontextu definuje rozšíření zemědělství, pastevních systémů, železné metalurgie, migrace lidských populací a expanze jejich teritorií (Kay a Kaplan 2015). Příčiny přechodu doby železné jsou předmětem debat, ale je možné, že už tato změna měla rozsáhlé následky v oblasti regionálního klimatu, hydrologických poměrů, biodiverzity a ekosystémových služeb, které přetrvávají až do současnosti.

Šíření doby železné v subsaharské Africe znamenalo významný přechod v charakteru využití krajiny, které mělo důsledky jak pro současné klima, tak i pro vytváření dnešních krajín představujících ekonomické, kulturní a ekologické zdroje. Antropogenní odlesňování, ke kterému od doby železné docházelo, mohlo být natolik dostatečné, aby způsobilo biofyzikální zpětnou vazbu do atmosféry. Nahrazování původních rostlin a živočichů plodinami a domestikovanými zvířaty také mohlo změnit strukturu ekosystémů a hydrologické poměry. To vše mělo počáteční vliv na dnešní demografickou strukturu obyvatelstva a charakter využití půdy (Kay a Kaplan 2015).

Spotřeba fosilních paliv je přímou příčinou změny klimatu a globálního oteplování. Nejnepríznivější důsledky globálního oteplování ponese právě Afrika. Emise oxidu uhličitého představují přibližně 75 % celosvětových emisí skleníkových plynů (Asongu, Le Roux a Biekpe 2017). Mezi další přímé antropogenní vlivy patří růst populace, nadměrné spásání, tradiční systém pastvy, odlesňování a sběr dřeva, či politické, socioekonomické a historické faktory (Kiage 2013).

Růst lidské populace vytváří tlak na přírodní zdroje, především v oblastech hydrologie, půd, lesů a pastvin, zejména v tzv. *rangelands* (pastviny), které jsou typické pro Afriku, hlavně subsaharskou. K rozrůstání populace dochází i v případě skotu, který v rámci nadměrného spásání způsobuje pokles vegetačního krytu a sešlapání, dále vedoucí k jeho úbytku, utužení půdy či vystavení půdy erozi (Kiage 2013). Otázkou je, nakolik je nadměrné spásání příčinou přímého vlivu, jelikož větší vliv na produktivitu vegetace a skotu mají klimatické faktory. Tradiční systém pastvy pak navazuje na koloniální období a rozdělení vlastnictví půdy po jeho ukončení. Vlastnictví půdy je komunální, zatímco velká stáda jsou znamením bohatství a postavení v rámci jednotlivých tradičních komunit. Odlesňování a sběr dřeva jsou rozšířené problémy v Africe, kde sběr a využití palivového dříví je zásadním faktorem degradace Sahelu. Intenzivní těžba palivového dřeva způsobuje těžké formy degradace přímo v blízkosti městských oblastí, která se tak rozšiřuje dál a tvoří několik kilometrů vyčerpané zóny. V neposlední řadě mají na přírodní sféru dopad politické, socioekonomické a historické faktory. V mnoha částech Afriky jsou politická nestabilita (války, migrace), socioekonomické a historické faktory opět spjaté s kolonialismem. Zavádění nových plodin a zemědělských metod, urychlení těžby zdrojů a změny ve struktuře domorodých populací jsou faktory, které mají vliv na neúrodu plodin, nedostatek potravin a degradaci krajiny kontinentu dodnes (Kiage 2013). V důsledku kolonialismu došlo ke zhroucení tradičních opatření vůči správě životního prostředí a degradace krajiny se stala nevyhnutelnou.

V současnosti je více než 75 % světové pevniny antropogenní (Ellis a Ramankutty 2008; Ellis 2013). Fundamentálním úkolem je oddělit biofyzikální faktory od antropogenních vlivů. Podle Kiage (2013) dochází k nadhodnocování vlivu lidské činnosti, protože přírodní procesy probíhají v biofyzikálním prostředí, jehož úloha bývá v literatuře často bagatelizována nebo zcela ignorována. Příčiny degradace krajiny způsobené člověkem v Africe stále nejsou úplně pochopeny, neboť i ty, které jsou běžně uváděny, mohou být diskutabilní. Velkou otázkou tedy je, nakolik má antropogenní činnost vliv na změnu přírodních podmínek a zda je tento vliv nepřímý (skrze ovlivnění přírodních podmínek) nebo přímý.

### 3.7 Dopady na ochranu přírody

Cílem společnosti by mělo být na co možná největším území uchovat přírodní nebo přírodě blízký stav ekosystémů před degradací prostředí. K tomu slouží nástroje územní ochrany přírody a krajiny. Ochrana přírody v Africe se však potýká s několika komplexními problémy, jejichž původ lze obecně zařadit mezi změnu klimatu a antropogenní činnost. Navíc veškeré vlivy mohou být umocněny problémy se správou chráněných území (Gross a kol. 2013). Podle Craigie a kol. (2010) regionální rozdíly mohou být dány různou správou území, financováním, řízením orientovaným na velké savce nebo turismus, což jsou faktory spjaté s politickou a ekonomickou vyspělostí státu. Dohromady tvoří faktory, které přímo a nepřímo ovlivňují funkčnost chráněných území a jejich okolí. Většina chráněných území hájí právě heterogenní a přechodnou krajinu, která se často nachází v blízkosti lidské populace a je tak více náchylná na přímé i nepřímé antropogenní disturbance (Gross a kol. 2013).

Prvním z faktorů je vliv změny klimatu, který není sám o sobě takovou hrozbou pro chráněná území, jako je spíše v interakci se změnou krajinného pokryvu. Se změnami krajinného pokryvu pak přichází ztráta přírodních stanovišť, čímž se zvyšuje riziko pro savce a ptáky a dochází tak k ohrožení biodiverzity (kapitola 3.5). Největší riziko pro savce a ptáky se vyskytuje v oblastech s nejvyšším nárůstem teplot a zároveň poklesem srážek (Mantyka-Pringle a kol. 2015). Souvislost mezi klimatem a ztrátou přírodních stanovišť postižených změnou krajinného pokryvu má nezanedbatelný vliv na dopady i na priority ochrany.

Druhým faktorem je vliv změn vegetačních podmínek, resp. krajinného pokryvu (kapitola 3.4.3). Pro sledování konfliktů v oblasti ochrany přírody slouží pravidelné pozorování krajinného pokryvu jak uvnitř chráněných území, tak v jejich okolí. Často totiž dochází k exploataci ploch přímo za hranicí chráněného území, čímž ochrana z širšího hlediska ztrácí smysl. Transformace krajiny se navíc často nezastaví u hranic chráněných území, ale proniká i za ně (Gross a kol. 2013). Podle Craigie a kol. (2010) určitou nejistotu v monitoringu vnáší fakt, že studie bývají zaměřené pouze na chráněná území, bez zahrnutí vlivu okolního prostředí, kde mohou být ještě extrémnější hodnoty ovlivňující samotná chráněná území.

Ochrana biodiverzity před negativními lidskými dopady se spoléhá na národní a mezinárodní strategie ochrany. Hlavním měřítkem výkonu chráněných území je rozsah, v němž si chráněná území udržují svá přirozená prostředí ve vztahu k okolním oblastem. Podle Craigie a kol. (2010) účinnost chráněných území je možno odvodit od udržování populací velkých savců. Monitorovaná chráněná území vykazovala obecný pokles ve velikosti populací, i přes regionální odlišnosti, kdy západní Afrika vykazovala nejvyšší pokles, zatímco jižní Afrika naopak růst (Craigie a kol. 2010). Pokles populací savců v chráněných územích má pravděpodobně za příčiny komplexní směs lokálních a regionálních příčin, avšak za hlavní

příčiny se považuje změna krajinného pokryvu a nadměrný lov. Obě příčiny spadají pod antropogenní vlivy – rychlý populační růst a spotřebu zdrojů (Craigie a kol. 2010).

Není tedy možné s jistotou určit, zda chráněná území mají zmírňující účinky pro ochranu biodiverzity. K tomu by byla zapotřebí detailní monitorování rozsáhlých oblastí, která by zahrnovala chráněná území i s jejich okolím. Předpokládá se, že úspěšnost ochrany chráněných území závisí na vhodném managementu a dostatečných zdrojích (Craigie a kol. 2010). Pro mnoho chráněných území v Africe je proto důležitá podpora, pokud mají úspěšně zachovávat svou biologickou rozmanitost.

## 4 FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA AFRIKY

---

Afrika, obecně jako každý kontinent, je velmi pestrá z hlediska fyzickogeografických poměrů. Při takto netradičně a komplexně zaměřené práci je na místě představit i základní charakteristiku přírodního prostředí zájmového území.

### 4.1 Klima

Klimatické podmínky Afriky jsou určeny především polohou kontinentu, jehož střed leží téměř přesně podél rovníku. To znamená, že má jedinečnou polohu vůči dopadajícímu slunečnímu záření během roku. Z toho také vyplývá, že klima je převážně tropické, kde se teplotní charakteristiky obecně vyznačují malými měsíčními a velkými denními amplitudami (s výjimkou subtropů). Většina kontinentu vykazuje průměrnou teplotu 21 °C a více po dobu 9 měsíců (UNEP 2008). Průměrné lednové a červencové teploty zobrazuje obr. 15.

Klimatická pásma jsou směrem od rovníku rozložena téměř zrcadlově (příloha 1), jelikož nejsou ovlivňována bariérami, jako jsou například dlouhá pohoří u jiných kontinentů. Od těch se africký kontinent také vyjímá nejpravidelnějším tvarem a nejmenší horizontální členitostí. S tím souvisí vliv morfologie kontinentu, kde severní část kontinentu je přibližně dvojnásobně širší než jižní část, tudíž je v severní Africe klima více pevninské s většími amplitudami teplot.

Primárním determinantem klimatu jsou atmosférické podmínky, a to rozložení barických systémů nad kontinentem, kde má největší význam intertropická zóna konvergence (*ITCZ*). *ITCZ* je oblast nízkého tlaku vzduchu okolo rovníku, kde dochází ke konvergenci severovýchodních a jihovýchodních pasátů a utváří se pásmo oblaků (Česká meteorologická společnost 2018). Vertikální pohyby jsou výstupné, vzduch se ochlazuje a utváří pásmo konvektivní oblačnosti s intenzivními srážkami. Již suchý vzduch se navrácí do subtropických šířek (okolo 30° s. š. a j. š.), kde sestupuje a utváří klima aridní (UNEP 2008; Česká meteorologická společnost 2018).

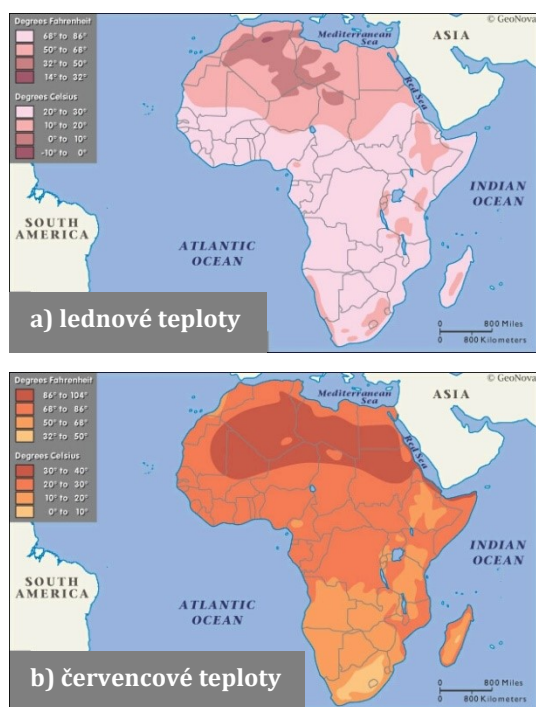
Obecně tedy srážky na kontinentě klesají směrem od rovníku (obr. 16), mají však široké rozpětí v množství, které závisí na regionálních podmínkách. Nejvíce srážek spadne v oblasti Guinejského zálivu díky konstantnímu proudění stále vlhkých vzdušných mas. Roční průměrné úhrny srážek dosahují hodnot nad 2 500 mm. Nejnížší srážkové úhrny jsou charakteristické pro pouštní oblasti, především Saharu a Namib, které jsou vymezené izohyetou 100 mm za rok., kde je také jejich nejvyšší variabilita (obr. 16).

V neposlední řadě mají na klima vliv oceány, resp. vzdálenost pevniny od oceánu, což se projevuje denními amplitudami teplot. Čím větší vzdálenost od oceánu, tím je větší vliv kontinentality a dochází k vyšším amplitudám teplot. Oceánské proudění má vliv přímo i na



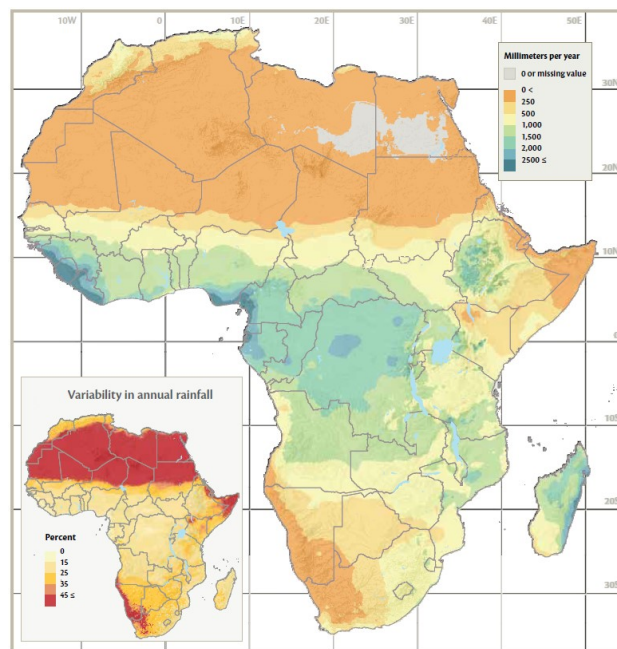
pobřežní oblasti. Studené oceánské proudy vystupující u pobřeží způsobují aridní klima, např. Benguelský proud u pouště Namib.

Obr. 15: Průměrné teploty v Africe



Zdroj: Map of Africa, Average January Temperature a Average July Temperature (EBSCO 2019)

Obr. 16: Průměrné roční srážkové úhrny v Africe a jejich roční variabilita



Zdroj: Atlas of African Agriculture Research and Development: Revealing agriculture's place in Africa (IFPRI 2014)

Severní státy podél středomořského pobřeží a Kapsko na jihu Afriky leží mimo oblast tropické cirkulace a náleží subtropické cirkulaci (UNEP 2008). V místních létech se stávají oblastmi nízkého tlaku vzduchu, kdy nastává dlouhé období sucha. Naopak v zimě jsou oblastmi vysokého tlaku, kdy sem pronikají vlhké větry z mírného pásma, a oblastí prochází polární fronta doprovázená tlakovými nížemi přinášejícími srážky. Důsledkem srážek v zimě je i jejich výskyt ve formě sněhu, který lze nalézt nejen v pohoří Atlas a v Kapsku, ale i v tropických východoafrických velehorách.

## 4.2 Geologie a reliéf

Afrika má ze všech kontinentů nejpravidelnější tvar a nejméně ostrovů a poloostrovů. Pevnina disponuje malou členitostí pobřeží a kontinentální šelf je většinou velmi úzký, zálivy tak nezasahují velmi hluboko do kontinentu. Povrch afrického kontinentu je poměrně vysoko položený, průměrná nadmořská výška činí 750 m n. m. a všeobecně roste od severu k jihu (UNEP 2008). Pro reliéf jsou charakteristické plošiny, které jsou navíc rozloženy kaskádovitě.

Geologická stavba kontinentu je relativně jednoduchá, jelikož většinu tvoří Africký štít. Ten je budovaný starohorními a prahorními metamorfity (ruly a krystalické břidlice), které byly v prvohorách proniknuty granity (Adams, Goudie a Orme 1999). V Africkém štítu proto

nacházíme jedny z nejstarších hornin na světě. Výjimku starého jádra kontinentu tvoří dvě vrásné soustavy z období prvohor, které se nachází na okrajích kontinentu – severní pohoří Atlasu a jižní pohoří *Cape Fold Belt* (Kapské hory). Atlas vznikl kolizí africké a euroasijské litosférické desky (UNEP 2008) a byl zvrásněn v mladopaleozoickém hercynském vrásnění a znovu převrásněn ve třetihorách při alpínském vrásnění. Výškové rozdíly dělí Afriku na dvě hlavní části s odlišným geomorfologickým vývojem – severní (a západní) Nízkou a jižní (a východní) Vysokou (UNEP 2008).

Severní polovina Afriky má poklesnou tendenci. K první transgresi moře došlo ve starších prvohorách, kdy došlo k ukládání pískovců a jílovců. K druhé transgresi došlo ve druhohorách během křídy, kdy se uložily vápence, pískovce a slíny. Ve třetihorách moře ustoupilo a obnažená pevnina byla podrobena eolickým procesům. Produkty zvětrávání se poté nahromadily v rozsáhlých afrických pánvích. Vysoká Afrika má až na výjimky naopak tendenci zdvihu, ze kterého ční svědecké vrchy. Oproti Nízké Africe zde obecně nedocházelo během geologického vývoje k transgresím moře (Adams, Goudie a Orme 1999).

Velkého tektonického neklidu se Africký štít dočkal ve třetihorách. Území bylo rozlámáno na kry, u jednotlivých ker došlo k vertikálním zdvihům a různým nakloněním. Důsledkem pohybů ker došlo k rozdělení kontinentu rozsáhlými a plochými pánvemi (např. Konžská, Čadská) a rozvodními prahy. Tyto tektonické pohyby doprovázel vulkanismus, čímž došlo k výstupu magmatu podél zlomů a vytvoření vulkanických kup a vulkanických pohoří (např. Etiopská vysočina, Adamauské pohoří). Intenzivní zdvih se projevil především ve východní části kontinentu, kde vznikla proslulá východoafrická riftová soustava. Její tvorba zapříčinila vzniku sopečných příkrovů a stratovulkánů (např. Mt. Kenya nebo nejvyšší vrchol kontinentu Kilimandžáro; Adams, Goudie a Orme 1999).

Ve čtvrtohorách probíhaly procesy denudace, eroze a kolísání pobřežní čáry. Typickým prvkem africké geomorfologie jsou zarovnané povrchy, které jsou konečnou fází eroze. Jednotlivé plochy zarovnaných povrchů jsou oddělené srázy neboli *skarpy*. Zároveň od severu k jihu se zvyšuje výškový rozdíl mezi zarovnanými povrchy. Zarovnané povrchy se rozkládají hlavně uvnitř kontinentu, zatímco vysočiny a hřbety leží na jeho okrajích (Adams, Goudie a Orme 1999).

### 4.3 Hydrologie

V důsledku rozlámání povrchu reliéfu až v neogénu je říční síť Afriky poměrně mladá, vývojově starší úseky řek se vyskytují spíše na středních tocích. Zmíněné geomorfologické podmínky daly vzniknout řekám, které tečou složitě vnitrozemím a často ani nedotečou do moře, jelikož bezodtoké oblasti zabírají 31 % plochy kontinentu (WWF 2019). Řeky, které

nekončí v bezodtokých oblastech, se vlévají do Indického (18 % kontinentu) nebo Atlantského oceánu (51 % kontinentu; WWF 2019).

Rozložení klimatických pásů způsobuje sezonně a meziročně proměnlivé srážky, čímž jsou i nerovnoměrně rozloženy zdroje vody (UNEP 2008). Voda je na kontinentě zadržována převážně ve velkých řekách, těmi nejvýznamnějšími jsou Nil, Kongo, Niger, Zambezi a Orange. Dalšími zdroji vody jsou jezera, zvodně (akumulace podzemní vody), vodní nádrže a mokřady (UNEP 2010). Afrika je druhým nejsušším kontinentem po Austrálii (UNEP 2008).

Vodnost řek se výrazně mění v průběhu roku, kdy průtok různými klimatickými pásy způsobuje měnící se podmínky pro odtok. Odtokové režimy řek jsou proto často kombinované, tj. značně nepravidelné, jelikož závisí právě na geomorfologii a klimatu. Vznikají tak alochtonní řeky (např. Nil), které pramení v rovníkovém deštném lese, protékají savanami a dolní tok se nachází v oblasti pouště, tudíž přivádějí vodu z deštivých oblastí do suchých (UNEP 2010). Jednotlivé úseky afrických řek jsou charakterizovány různými odtokovými režimy podle toho, jakými protékají klimatickými oblastmi.

Jezera v Africe jsou rozmanitá, jelikož jsou různého původu. Nachází se především v oblasti příkopů ve východní části kontinentu. Zde se vyskytují hlavně jezera tektonického původu – jezera protáhlého tvaru ve směru riftu, se značnou hloubkou a často i velkou plochou (např. Tanganika, Malawi, Turkana, Rutanzige). Reliktní jezera z období čtvrtohor nacházející se v rozsáhlých vnitrokontinentálních pánvích jsou bezodtoká a mělká, např. Čadské jezero, Etoša. Dále se lze v Africe setkat se slanými jezery na severu kontinentu, která jsou mělká a pokrytá tenkou solnou kůrou (např. šot Melrhir a šot al-Džaríd). Největší jezero Afriky a třetí jezero světa, Viktoriino jezero, se vytvořilo v prohybu desky krystalického původu mimo africké příkopy, na severu je hrazené lávovým proudem (Adams, Goudie a Orme 1999).

Z důvodu špatné dostupnosti vody jsou velmi důležité zásoby podzemních vod. Tyto zásoby představují asi 15 % z vodních zdrojů kontinentu, na které spoléhají asi tři čtvrtiny populace kontinentu jako na svůj hlavní zdroj pitné vody, a to především v aridních oblastech severní a jižní Afriky (UNEP 2008; UNEP 2010). Ve snaze předejít nedostatkům vody byly v Africe postaveny vodní nádrže, nejvíce pro závlahové účely (52 %), dále pak jako nádrže vodárenské, víceúčelové, hydroenergetické a na posledním místě jako protipovodňové. K největším vodním nádržím kontinentu patří dle plochy Volta, Kariba, Asuánská a Cahora Bassa (UNEP 2010).

Mokřady pokrývají pouze asi 1 % kontinentu (UNEP 2010) a slouží nejen jako zásobárna vody. Jsou to oblasti bažin, močálů a rašelinišť, které jsou důležitým přírodním stanovištěm pro faunu a floru. V ústí velkých řek jako jsou Nil, Kongo, Niger, Zambezi a Senegal se mokřady vyskytují a je pro ně charakteristické rozhraní slané a sladké vody, což vytváří oblasti rozmanité biodiverzity.

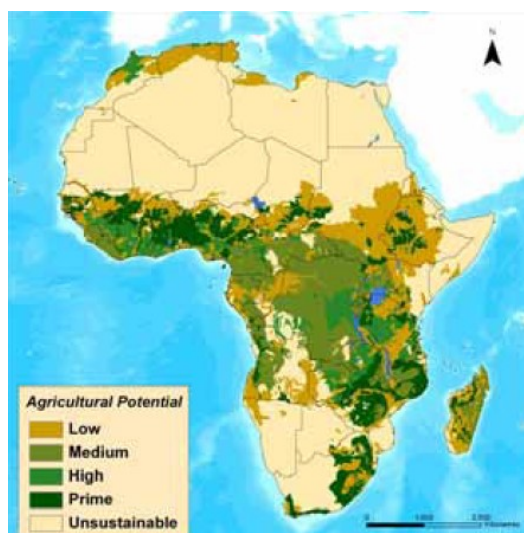
## 4.4 Půdy

Pedologické podmínky vznikají kombinací působení klimatu a geologie, potažmo i vegetačních podmínek a vlivu živočichů a člověka, a zpětně regulují životní prostředí. Vlastnosti půdy jsou výsledkem vzájemného působení několika konkrétních faktorů, kterými jsou: matečná hornina, poloha/topografie, klima, živé organizmy (především vegetace), antropogenní činnost a čas (Jones a kol. 2013).

Půdy na africkém kontinentě jsou rozmanité a jsou v závislosti na klimatu uspořádané přibližně zonálně (příloha 2). Největší zastoupení tříd v rámci kontinentu mají Arenosoly (22 %), jednoduše erodující písčité půdy, a Leptosoly (17 %), mělké půdy na kamenitém podkladu. Dále k nim patří Kambisoly (11 %), Ferralsoly (10 %), tropické zvětralé půdy s nízkou kapacitou živin, a Kalcisoly (6 %), ostatní třídy jsou zastoupeny méně než 5 % (Jones a kol. 2013).

Znalost půdních podmínek se využívá hlavně ve vztahu k zemědělství v Africe, kde orná půda není rovnoměrně rozložena. Nadpoloviční většina kontinentu má buď pouštní charakter, nebo je jinak nevhodná k zemědělství (UNEP 2008). Další čtvrtina kontinentu je klasifikována nízkým až středním potenciálem pro pěstování, které často vyžaduje správu. Půdy s nízkým potenciálem (*low* na obr. 17) pro pěstování se často nacházejí na okrajích pouští a jsou výsledkem kombinací faktorů fyzické charakteristiky, kyselosti/zásaditosti, slanosti a náchylnosti k erozi. Například díky extrémní zvětralosti je 80 % orné půdy v subsaharské Africe považováno za nevhodnou pro zemědělství (IFPRI 2014). Jedním z postupů správy půdy je rotační zemědělství, při kterém dochází k přesunu kultivace za využití vypalování vegetace. Nízkonákladové zemědělství, při kterém nejsou doplňovány živiny, způsobuje další degradaci půdy.

Obr. 17: Potenciál půdy pro zemědělství v Africe



Zdroj: Africa: Atlas of Our Changing Environment (UNEP 2008)

Legenda: *low* (nízký), *medium* (střední), *high* (vysoký), *prime* (primární), *unsustainable* (neudržitelný)

Ideální půda pro zemědělství zabírá v Africe pouze 10 % zemědělské plochy (UNEP 2008), vyniká vlastnostmi hlubokých propustných vrstev, dostatkem živin a trpí malým nebo žádným nedostatkem vlhkosti. Tyto nejvhodnější zemědělské plochy (*prime* na obr. 17), převážně na Andosolech (odolné a produktivní půdy), se rozprostírají ve státech západní Afriky podél Guinejského zálivu a ve východní Africe v okolí riftové zóny (UNEP 2008).

#### 4.5 Vegetace

Africká šířková vegetační pásma (příloha 3) do značné míry korelují s rozložením klimatických pásů, především s distribucí srážek, potažmo odráží i půdní poměry. Oblasti s dostatečnými srážkovými úhrny disponují velkým množstvím biomasy nebo primární produkce (výsledek fotosyntézy), jejich načasování má vliv na množství a charakter vegetace. Odchytky v rámci vegetačních pásem jsou způsobeny lokálními podmínkami – nadmořskou výškou, půdou, mikroklimatem a lidskou populací (UNEP 2008).

Na území Afrického kontinentu zasahují tři celkem z šesti vymezených fytogeografických oblastí – Paleotropická, Holartická a Kapská (Prach, Štech a Říha 2009). Paleotropická oblast zabírá většinu kontinentu, pás podél severního pobřeží Afriky zabírá Holartická oblast. Specifickou oblastí je Kapská oblast, rozlohou nejmenší fytogeografická oblast světa, avšak květenně mimořádně bohatá a specifická s vysokým zastoupením endemických druhů.

Hlavní charakteristikou vegetace jsou biomy, které široce definují floru i faunu. V rovníkové oblasti se rozkládají tropické deštné lesy, které zabírají asi 8 % plochy kontinentu (Adams, Goudie a Orme 1999). Jejich areál se dělí do dvou částí – menší hornoguinejský prales (nížiny od Libérie po Ghanu) a větší Konžský prales (od Nigérie po Konžskou pánev). K hospodářsky nejvýznamnějším rodům pocházejícím z těchto oblastí patří kávovník a olejová palma (Prach, Štech a Říha 2009). Zhruba od 5° zeměpisné šířky se více projevují období sucha a tropický deštný les přechází v tropický sezonní les a dále v savany.

Druhově nejbohatší savanou světa je africká oblast, kde je biom nejtypičtější, nejsouvislejší, nerozsáhlejší (pokrývá asi 42 % kontinentu; Adams, Goudie a Orme 1999) a v geologické minulosti prodělal nejmenší výkyvy (Prach, Štech a Říha 2009). V důsledku posouvání tropických tlakových níží směrem k obrátkám mohou během roku nastat dvě období sucha, resp. dešťů (Prach, Štech a Říha 2009). V závislosti na srážkách se rozlišuje stromová, keřová a travnatá savana. Při dostatku srážek je stromové patro uzavřené, s poklesem srážek dochází k úbytku dřevin a dochází k jejich pravidelnému prostorovému rozmístění danému konkurencí o vodu (UNEP 2008; Darkoh 2009). S dále nižšími úhrny se vyskytují keře, v oblastech s nejnižším množstvím srážek se vyskytují pouze travnaté formace. Trávy jsou velmi dobře adaptované na dlouhá období sucha a vyvinuly se v koevoluci s velkými herbivory.

Při srážkových úhrnech pod 200 mm/rok navazují na nízkou travnatou savanu aridní regiony s nepravidelnými nebo s nedostatečnými srážkami – polopouště (100-200 mm/rok) a pouště (100 mm/rok; Prach, Štech a Říha 2009). V polopouštích je vegetace řidká, ale více méně pravidelná, pouště jsou charakteristické nepravidelným výskytem vegetace, která roste na vlhkostně nejpříznivějších místech. V Africe pouště zabírají asi 39 % území (Adams, Goudie a Orme 1999). Výskyt rozsáhlejších pouští je vázán na pás subtropických tlakových výší kolem obratníků a na nitro kontinentu, kam doputuje méně srážek od oceánu. Specifickým případem jsou pouště v místech, kde je v kontaktu relativně horká pevnina a chladné moře – jako např. poušť Namib. V Africe jsou dvě hlavní oblasti pouští – písčité pouště Saharsko-arabské oblasti a sukulenní jihoafrické pouště, odkud jsou známy kvetoucí kameny (Prach, Štech a Říha 2009).

Na pouště navazuje biot tvrdolisté vegetace středomořského typu, který se rozprostírá kolem 40° severní a jižní šířky. Na světě se nacházejí pouze v pěti izolovaných oblastech, z toho dvě jsou v Africe – evropský Mediterán a Jižní Afrika. Najdeme zde vždyzelené rostliny, které jsou schopné přečkávat suchá horká období za předpokladu mírných zim. Důležitým ekologickým faktorem jsou požáry, které vyvolávají cyklickou sukcesii. Druhově nejbohatší je evropský Mediterán, zaujímající v Africe pobřeží okolo Středomořího moře, kde rostou významné stromy jako dub korkový, cedr, kaštanovník, platan, pistácie, myrta, palma datlová a olivovník. Na druhém místě v diverzitě je nejjižnější cíp Afriky Kapsko, kde se biot nazývá *fynbos* a kde se nachází charakteristická čeleď Proteaceae a keřovité druhy vřesovců (Prach, Štech a Říha 2009).

Velmi malé procentuální zastoupení má v Africe i step (neboli traviny temperátní zóny), která se vyskytuje pouze v Jihoafrické republice, kde se nazývá *grassveld*. V důsledku velkých teplotních amplitud a suchého letního období jsou pro biot ideální růstovou formou traviny (Prach, Štech a Říha 2009). Plocha s vysokou nadmořskou výškou (v Jižní Africe 1200-1500 m n. m.), nízkými intenzitami srážek a úrodnými půdami tvoří travnatou vegetaci s rozptýlenými stromy (UNEP 2008). Na rozdíl od euroasijských a amerických stepů se v Africe vyskytuje ojediněle a tudíž má pro kontinent omezený význam.

Azonálním biotem je vysokohorská vegetace, která koreluje převážně s riftovou zónou, další jednotlivé formace se nacházejí v Jihoafrické republice (Dračí hory), Alžírsku a Maroku (Atlas), Alžírsku (Ahaggar) a Čadu (Tibesti). V horských oblastech se vegetace vyskytuje v závislosti na nadmořské výšce, jednotlivé stupně se dále liší podle zeměpisné šířky (Prach, Štech a Říha 2009). Obecně jsou orobiomy nejvíce heterogenními bioty. Rostliny jsou adaptovány na širokou škálu povětrnostních vlivů, proto jsou také zdrojem biodiverzity, i přes pokles počtu druhů s nadmořskou výškou. Dochází u nich k častému výskytu sukulenních růstových forem rostlin (rozchodníky, netřesky). Velmi specifické vysokohorské ekosystémy

se nacházejí v rovníkovém pásu tropické Afriky a jsou jimi zvláštní růstové formy vysokých bezlistých kmenů s růžicemi (Prach, Štech a Říha 2009).

V tak rozsáhlém heterogenním území, jako je Afrika, je obecně typická vysoká druhová rozmanitost, zahrnující mnoho endemitních druhů (UNEP 2008). Nejvíce významná světová centra druhové rozmanitosti se označují jako *biodiversity hotspots* („horká místa biodiverzity“) – na africké pevnině se jich nachází 7 (osmý je na Madagaskaru) z celkových 34 na světě. Aby se mohla oblast označit jako *hotspot* musí splňovat dvě kritéria: obsahovat nejméně 1 500 druhů cévnatých rostlin jako endemitních a ztratit 70 % rozlohy ekosystémů původního území (Conservation International 2019).

Většina území Afriky už většinou není pokryto původní vegetací, nýbrž druhotným vegetačním krytem přeměněným člověkem (Ellis a Ramankutty 2008). Ten kdysi zničil rozsáhlé plochy lesů ohněm a pastevectvím, čímž došlo k rozšíření travnatých savan, které jsou dnes v Africe nejběžnějším vegetačním krytem. Současná plocha lesů 18 % je pouze třetinová oproti původnímu rozsahu zalesnění (Adams, Goudie a Orme 1999). Změny přírodních podmínek stále více ovlivňují Afriku a vzniká stále větší tlak na vegetační formace, které se v měnícím se prostředí musí adaptovat.

#### 4.6 Zoogeografie

Diverzita fauny se odráží od vegetačních podmínek biomů. V tropickém deštném lese navazuje na nejvyšší druhovou rozmanitost rostlin i obecně vysoká diverzita živočichů. Hojně se zde vyskytují například plodožraví tropičtí ptáci a netopýři. Velké množství živočichů žijících v korunách stromů si vyžádalo vznik stromových predátorů, včetně drobných šelem kočkovitých (kočky, cibetky) a medvídkovitých. Napříč všem patřím jsou nejčastějšími predátoři hadi. V podrostu se nachází málo biomasy a tudíž i minimum velkých herbivorů, výjimkou jsou sběrači plodů, v Africe zastoupeni antilopami chocholatkami (Prach, Štech a Říha 2009).

Savany v Africe jsou na faunu druhově nejbohatší, vyhlášené jsou mimořádnou diverzitou velkých herbivorů (díky zmíněné diverzitě trav). Typickým rysem savany je dělba ekologických nik mezi kopytníky, u nichž je vzájemná kompetice minimalizována mnoha způsoby. Důležitou roli udržující otevřenou savanu mají sloni afričtí, kteří jsou jako jediní schopni mýtit vzrostlé akácie. Vysoké diverzitě nahrává charakter rozhraní mezi dvěma formami – kontrastním lesem a bezlesím (dřeviny – trávy). Na vysokou diverzitu herbivorů navazuje diverzita šelem (lvi, levharti, gepardi, hyeny, atd.), které mají odlišné preference a mohou tak spolu koexistovat. Vedle šelem se na predaci podílí také draví ptáci, kteří mají nad volnou krajinou přehled – velký význam mají supi zajišťující zmizení mršin (Prach, Štech a Říha 2009).

Přestože se v poušti nevyskytuje mnoho druhů živočichů, obecně není diverzita tak nízká, jak by se mohlo předpokládat. Nejvyšší rozmanitosti dosahují plazi (hadi, ještěři), dále ptáci a savci (kozy, zajáci, šelmy – fenci, hyenky). Pod povrchem žijí podzemní savci zlatokrti, kteří jsou typičtí pro Afriku. Hojně se vyskytuje hmyz (pavouci, štíři a stonožky). I v těch nejaridnějších pouštích se překvapivě vyskytují obojživelníci – žáby (Prach, Štech a Říha 2009). Typickým savcem odolávajícím aridním podmínkám je velbloud jednohrbý.

Z oblasti tvrdolisté vegetace je známo velké množství plazů a ptáků, naopak menší množství velkých obratlovců. Typicky velcí savci se zde nevyskytují. Nalezneme zde ale prasata a střední šelmy (psovité, kočkovité, kunovité a medvídkovité). Toto prostředí je nejvhodnější pro hlodavce. S pestrou nabídkou rostlin je *fynbos* ideální pro diverzitu opylovačů – ptáci i brouci, ovádi a mravenci.

V Africe ojedinělé stepi je fauna podobná té, jenž obývá travnaté plochy tropů a subtropů (savany). Příčinou je obdobná potravinová nabídka pro herbivory, migrace, kterou musí podstupovat v důsledku velké sezonality, a také nedostatek skrýší pro drobné savce. Dnes se zde vyskytují spíše domestikovaná zvířata (Prach, Štech a Říha 2009). Ve vysokohorském biomu je fauna adaptována na drsné podmínky podobně jako v tundře. Jak problémů se sezonalitou klimatu směrem k rovníku ubývá, životní strategie živočichů se více podobají těm v okolních ekosystémech. Častými obyvateli těchto orobiomů jsou hlodavci a ptáci (supi).

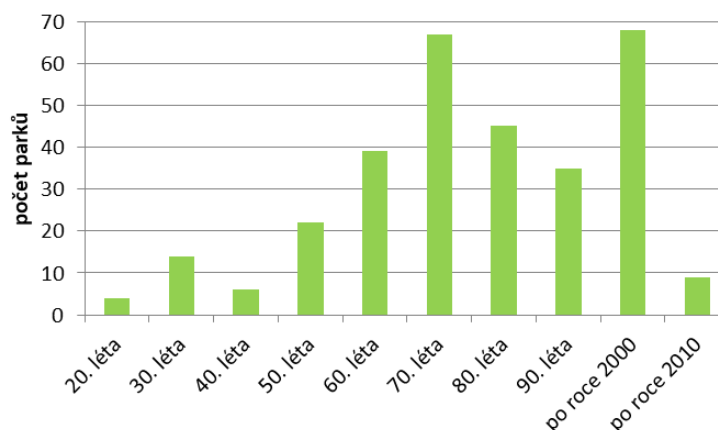
Z vymezených šesti zoogeografických oblastí lze dvě nalézt v Africe – Palearktickou a Africkou, resp. Etiopskou (Prach, Štech a Říha 2009). Hranice mezi oblastmi přibližně kopíruje 20° severní zeměpisné šířky.

#### **4.7 Ochrana přírody**

Na počátku dnešní ochrany přírody stály rezervace určené k lovu zvěře. První ochranné záměry se začaly objevovat ve 20. letech 20. století, kdy v roce 1925 došlo k přeměně lovecké rezervace na Albertův Národní park. V současnosti nese název národní park Virunga a je považován za první národní park na kontinentě, který byl založený pro ochranu horských goril v masivu Virunga v Demokratické republice Kongo (Virunga National Park 2018). Dalším významným národním parkem kontinentu jen o rok mladším je Krugerův národní park v Jihoafrické republice. Část národních parků vznikala od 30. do 60. let, k vrcholnému boomu došlo v 70. letech (graf 2). V té době vznikla na kontinentě největší obora (*game reserve*) se statusem národního parku Namib-Naukluft s rozlohou 50 000 km<sup>2</sup> (Protected Planet 2019). Dnes je o příčku před ním plošně největší národní park Tassili n'Ajjer v Alžíru s rozlohou 72 000 km<sup>2</sup> (Protected Planet 2019), vážený pro svou archeologickou hodnotu. V 80. a 90. letech vznikala další spousta parků, k opětovnému boomu v nárůstu počtu založených národních parků došlo mezi lety 2000 a 2010.



Graf 2: Národní parky Afriky podle roku založení



Zdroj dat: Protected Planet (2019), vlastní zpracování

V Africe je v současnosti pod ochranou 5,267 mil. km<sup>2</sup>, tj. 18 % plochy kontinentu (Protected Planet 2019). V nedávné minulosti v roce 2014 bylo zastoupení ochrany nižší, a to 14 % plochy kontinentu (Deguignet a kol. 2014), což značí evidentní nárůst v územní ochraně. Snahou těchto chráněných území je chránit bohatou diverzitu kontinentu na národní i mezinárodní úrovni.

## 5 MATERIÁL A METODY

---

Praktická část práce byla postavena na několika navazujících metodických krocích. Úvodní kroky zahrnovaly stanovení zájmového území a výběr, přípravu a standardizaci vstupních dat. Následovala geografická syntéza založená na analýze hlavních komponent, jejímž výstupem byl vícepásmový rastr shrnující hlavní gradienty fyzickogeografického prostředí. Tento rastrový výstup dále vstupoval do procesu segmentace, který vedl k vymezení homogenních environmentálních jednotek. Ty pak představovaly základní prostorový rámec pro veškerá další hodnocení – od analýzy míry antropogenní přeměny, přes analýzu rozložení biodiverzity až po vyhodnocení stupně územní ochrany přírody. V následující kapitole jsou jednotlivé metodické kroky podrobněji popsány.

### 5.1 Zájmové území

Pro tuto diplomovou práci bylo zájmové území Afriky vymezeno fyzickogeograficky – pevninou afrického kontinentu, tj. bez jakýchkoliv ostrovů (obr. 18). Vymezení regionu pobřežní linií podél Atlantského a Indického oceánu je jednoznačné. Od Evropy je na severozápadě oddělen Gibraltarským průlivem a na severu Středozemním mořem. Na severovýchodě je hranice světadílů Afriky a Asie konvencí určena Suezským průplavem a Suezskou šíjí (Encyclopædia Britannica 2018). Sinajský poloostrov tudíž fyzickogeograficky do Afriky nespadá, proto nebyl do zájmového území zahrnut. Avšak na politické mapě je hranice mezi světadíly určena Akabským zálivem a státní hranicí Egypta a Izraele na Sinajském poloostrově. Při práci s literaturou Sinajský poloostrov nebyl opomíjen, jelikož je součástí Egypta a naprostá většina podkladů jej do svých výstupů zahrnuje. Na východě je zájmové území od Asie odděleno Rudým mořem, průlivem Bab-Al-Mandab a Adenským zálivem. Africký kontinent se rozkládá na 30,3 mil. km<sup>2</sup> (Kartografie Praha 2018), zatímco vymezené zájmové území pevniny v této práci zaujímá rozlohu 29,22 mil. km<sup>2</sup>. Region tudíž zahrnuje téměř celý světadíl, čímž samozřejmě zahrnuje širokou škálu fyzickogeografických oblastí.

Obr. 18: Vymezené zájmové území



Zdroj dat: ArcGIS (2018), vlastní zpracování

## 5.2 Podklady pro řešerši

Výchozí literaturou pro řešeršní část diplomové práce byly souhrnné publikace *Africa: Atlas of Our Changing Environment*, *Africa Environment Outlook* a *Atlas of African Agriculture Research and Development*. Na tyto podklady navazovala další vyhledaná literatura z odborných, výhradně zahraničních, publikací. Nejžádanější při vyhledávání byly kontinentální studie, kterých však není k dispozici mnoho. Alternativou k nim byly globální studie, ze kterých byly čerpány informace zaměřené na Afriku, potažmo regionální studie zabývající se co nejrozsáhlejším územím v Africe. Přesto lze poukázat na nedostatek studií k problematice komplexního hodnocení environmentálních změn takto rozsáhlého území. Vybrané studie byly zpracovány formou řešerše.

## 5.3 Příprava vstupních dat

Výchozím krokem metodiky je výběr použitých dat, která do procesu klasifikace vstupují. Samotný výzkum problematiky disponoval širokým spektrem dat – jak kvantitativní povahy (klíma, reliéf, biodiverzita), charakterizující přírodní poměry, tak i kategoriálního typu (antropobiomy), charakterizující míru antropogenního ovlivnění. Data byla postupně homogenizována a zpracována do standardních geodatabází a mapových výstupů. Výzkum byl zpracován digitálně pomocí několika software: ArcMap 10.6., eCognition a statistického programu SPSS. Práce s daty probíhala v Albersově plochojevném zobrazení.

Nejprve byla data oříznuta podle masky zájmového území Afriky (kapitola 5.1). Výchozím krokem pro další práci s daty bylo vytvoření základního gridu území Afriky funkcí *Random Raster* s cílem sjednotit rozlišení všech použitých vrstev. Pixely vytvořeného rastru měly velikost 1 x 1 km, celkem dohromady čítající 7190 sloupců a 8016 řádků. Všechny rastrové vrstvy (klima, reliéf, biodiverzita) byly funkcí *Resample* upraveny podle této masky tak, aby se navzájem přesně překrývaly, tj. měly stejný počet pixelů.

Hlavními vstupními daty abiotického prostředí byla bioklimatická data z platformy Chelsa Climate s vysokým rozlišením původního pixelu 0,0083°. Data byla volně dostupná a skládala se z 19 bioklimatických proměnných (tab. 1) kontinuálního typu, které zahrnovaly měsíční průměry teplot a srážek pro období let 1979-2013.

Tab. 1.: Bioklimatické proměnné

<b>bio 1</b>	<i>Annual Mean Temperature</i>	roční průměrná teplota
<b>bio 2</b>	<i>Mean Diurnal Range</i>	průměrná denní amplituda teploty
<b>bio 3</b>	<i>Isothermality</i>	izotermalita*
<b>bio 4</b>	<i>Temperature Seasonality</i>	sezonalita teploty
<b>bio 5</b>	<i>Max Temperature of Warmest Month</i>	maximální teplota nejteplejšího měsíce
<b>bio 6</b>	<i>Min Temperature of Coldest Month</i>	minimální teplota nejchladnějšího měsíce
<b>bio 7</b>	<i>Temperature Annual Range</i>	roční amplituda teploty
<b>bio 8</b>	<i>Mean Temperature of Wettest Quarter</i>	průměrná teplota nejvlhčího čtvrtletí
<b>bio 9</b>	<i>Mean Temperature of Driest Quarter</i>	průměrná teplota nejsuššího čtvrtletí
<b>bio 10</b>	<i>Mean Temperature of Warmest Quarter</i>	průměrná teplota nejteplejšího čtvrtletí
<b>bio 11</b>	<i>Mean Temperature of Coldest Quarter</i>	průměrná teplota nejchladnějšího čtvrtletí
<b>bio 12</b>	<i>Annual Precipitation</i>	roční úhrn srážek
<b>bio 13</b>	<i>Precipitation of Wettest Month</i>	úhrn srážek nejvlhčího měsíce
<b>bio 14</b>	<i>Precipitation of Driest Month</i>	úhrn srážek nejsuššího měsíce
<b>bio 15</b>	<i>Precipitation Seasonality</i>	sezonalita srážek
<b>bio 16</b>	<i>Precipitation of Wettest Quarter</i>	úhrn srážek nejvlhčího čtvrtletí
<b>bio 17</b>	<i>Precipitation of Driest Quarter</i>	úhrn srážek nejsuššího čtvrtletí
<b>bio 18</b>	<i>Precipitation of Warmest Quarter</i>	úhrn srážek nejteplejšího čtvrtletí
<b>bio 19</b>	<i>Precipitation of Coldest Quarter</i>	úhrn srážek nejchladnějšího čtvrtletí

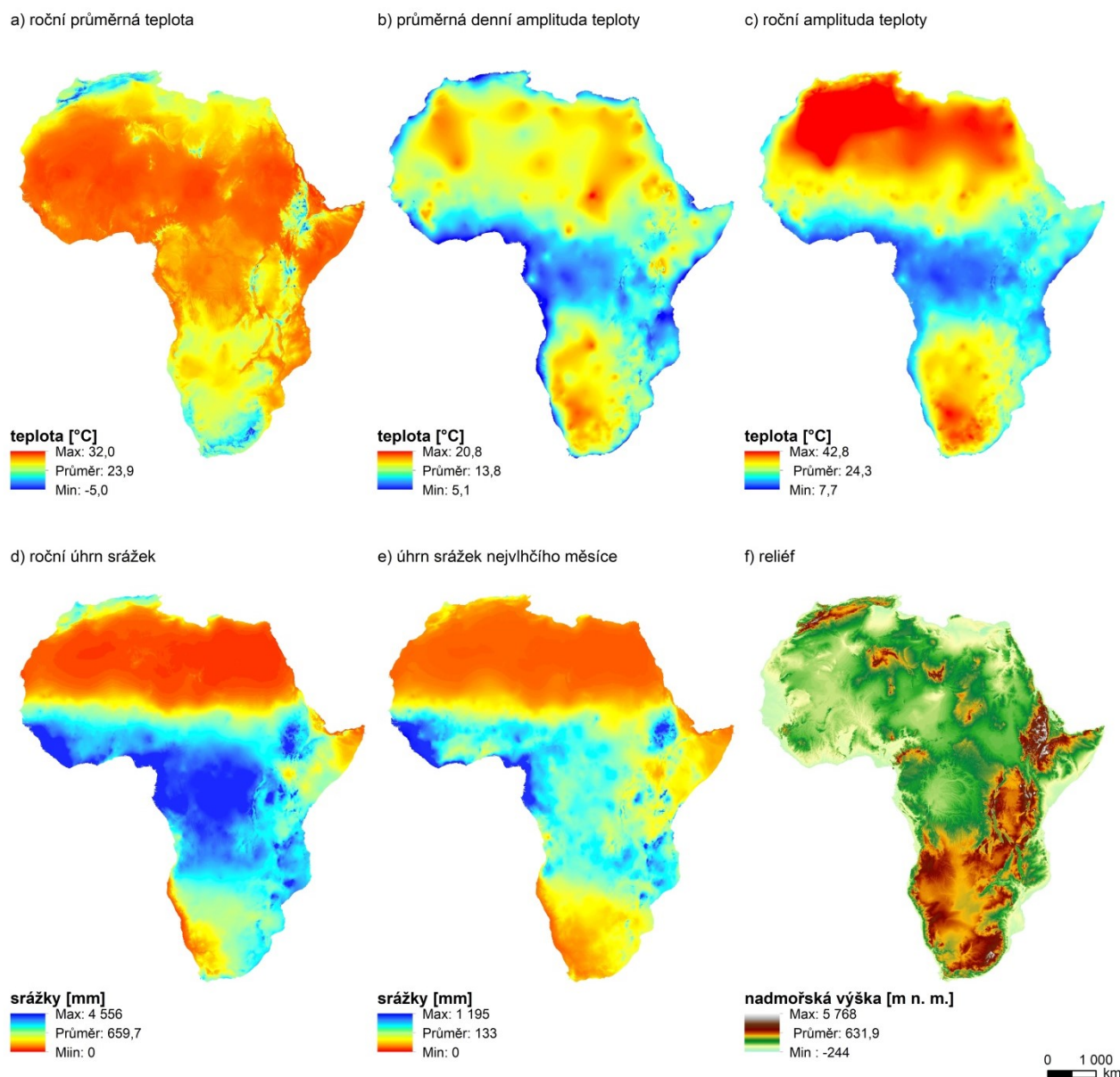
\*izotermalita uvádí oscilaci denních teplot v poměru k ročnímu kolísání teploty (O'Donnell a Ignizio 2012)

Další z vybraných přírodních charakteristik byla vrstva reliéfu, reprezentovaná digitálním výškovým modelem (*DEM – Digital Elevation Model*), v zahraničí chápáným stejně jako digitální model reliéfu (DMR). Rozlišení původního pixelu bylo rovněž 0,0083°. Vybrané proměnné popisující gradienty abiotického prostředí zobrazuje obr. 19.

Vstupní data abiotického prostředí (klima, reliéf) byla před samotnou analýzou centrována a standardizována funkcí *Raster Calculator*. Normalizovaná data vykazovala hodnotu aritmetického průměru 0 a směrodatné odchylky 1. Toho bylo dosaženo rovnicí standardizace:

$$\frac{\text{"raster"} - \text{"raster".mean}}{\text{"raster".standardDeviation}}$$

Obr. 19: Vstupní data – příklady abiotických proměnných



Zdroj dat: Chelsa Climate (2018), CGIAR (2018), vlastní zpracování

## 5.4 Environmentální stratifikace

Základním přístupem práce byla stratifikace (vrstvení) proměnných na území Afriky, která byla provedena kombinací uvedených abiotických vstupních vrstev. Metodika byla založena na segmentaci vícepásmového rastru výstupu analýzy hlavních komponent (*PCA – Principal Components Analysis*). Při *PCA* dochází ke snížení velkého počtu původních proměnných, ale při minimální ztrátě informací, a jejich nahrazení novým redukováným vícepásmovým rastrem (Romportl 2009). Do procesu *PCA* vstupovala standardizovaná data abiotického prostředí (klima, reliéf), reprezentující celkem 20 proměnných. Výsledný vícepásmový rastr byl tvořen 10 komponentami a obsahoval již transformovaná data. Výstup analýzy byl exportován do formátu TIFF, který sloužil jako vstupní vrstva pro segmentaci.

Pro segmentaci v software eCognition byl vstupní proměnnou vícepásmový rastr vzniklý analýzou hlavních komponent (*PCA*). Cílem segmentace bylo rozdělení rastru do objektů podle pravidel definovaných uživatelem. To bylo provedeno algoritmem *Multiresolution Segmentation* pomocí nastavení vah vstupní vrstvy, *Scale Parameter* a definování podílu faktorů kompaktnosti (*Compactness Factor*) a tvaru (*Shape Factor*) heterogenity výsledných objektů. Ke stanovení parametrů došlo porovnáním výsledků různých variant segmentace. *Scale Parameter* nabýval hodnoty 20, *Shape* a *Compactness Factor* byly nastaveny na hodnotu 0,001. „Při segmentaci za účelem vymezení prostorových krajinných jednotek však nelze jasně stanovit ideální velikost a heterogenitu očekávaných výsledků segmentace“ (Romportl 2009, s. 87). Byla vybrána varianta segmentace nejlépe charakterizující území Afriky a taková s přiměřeným počtem jednotek pro další zpracování. Vymezené přírodní jednotky (segmenty) byly s využitím zonální statistiky v prostředí GIS (funkcí *Zonal Statistics as Table*) naplněny informacemi o prostředí ze vstupních datových zdrojů abiotického prostředí. K jednotlivým segmentům byla přiřazena průměrná hodnota bioklimatických proměnných a reliéfu.

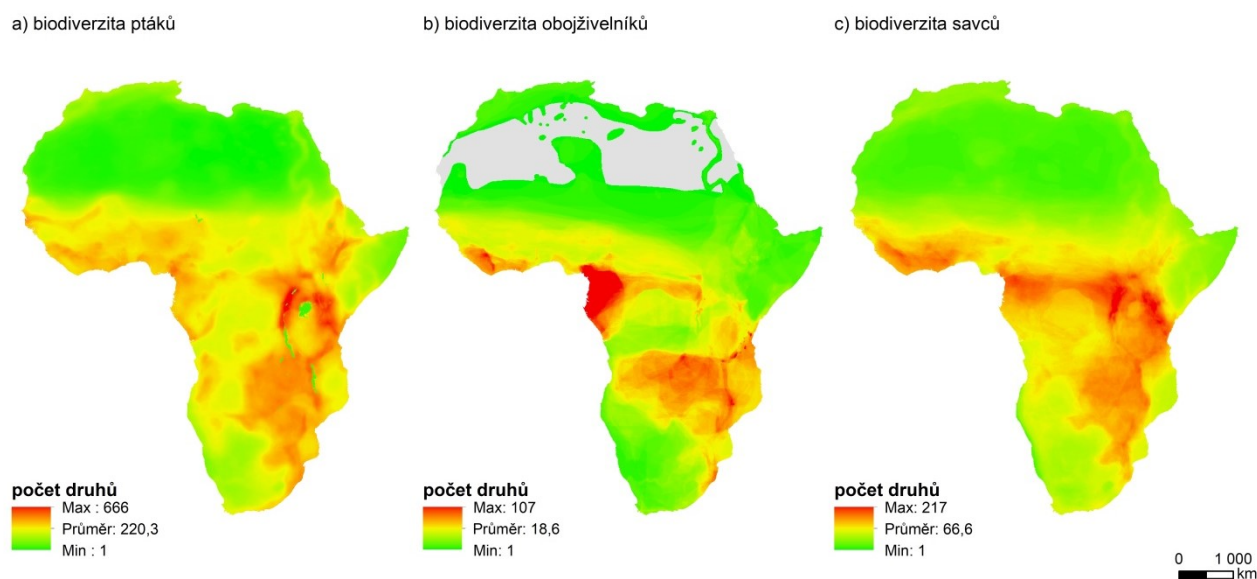
Segmentovaný obraz dále vstupoval do klastrové analýzy environmentálních poměrů – klasifikace – při které byla určena příslušnost segmentů k jednotlivým klastrům přírodního prostředí. S využitím klastrové (shlukové) analýzy v programu SPSS dále proběhla klasifikace přírodních jednotek dle dat abiotického prostředí na principu třídění jednotlivých objektů, resp. produktů segmentace. Segmenty byly metodou *K-Means Cluster* klasifikovány do jednotlivých klastrů přírodního prostředí – uskupení navzájem si podobných segmentů. Výsledné množství klastrů bylo testováno ve variantách 4-8 klastrů přírodního prostředí.

## 5.5 Analýza rozložení biodiverzity

Pro analýzu kvality biotického prostředí sloužila data o rozložení biodiverzity ptáků, obojživelníků a savců, reprezentovaných ve formě gridů s rozlišením pixelu 1000 m. Ke každému segmentu přírodních jednotek byla opět pomocí zonální statistiky přiřazena průměrná hodnota počtu druhů ptáků, obojživelníků a savců. Proměnné popisující rozložení biodiverzity v Africe zobrazuje obr. 20.

Pomocí klastrové analýzy byly segmenty přírodních jednotek klasifikovány do jednotlivých tříd dle rozložení druhové rozmanitosti hodnocených skupin živočichů. Výsledné množství klastrů bylo testováno ve variantách počtu 4-8 klastrů biotického prostředí.

Obr. 20: Biotické proměnné – biodiverzita



Zdroj dat: Jenkins (2018), vlastní zpracování

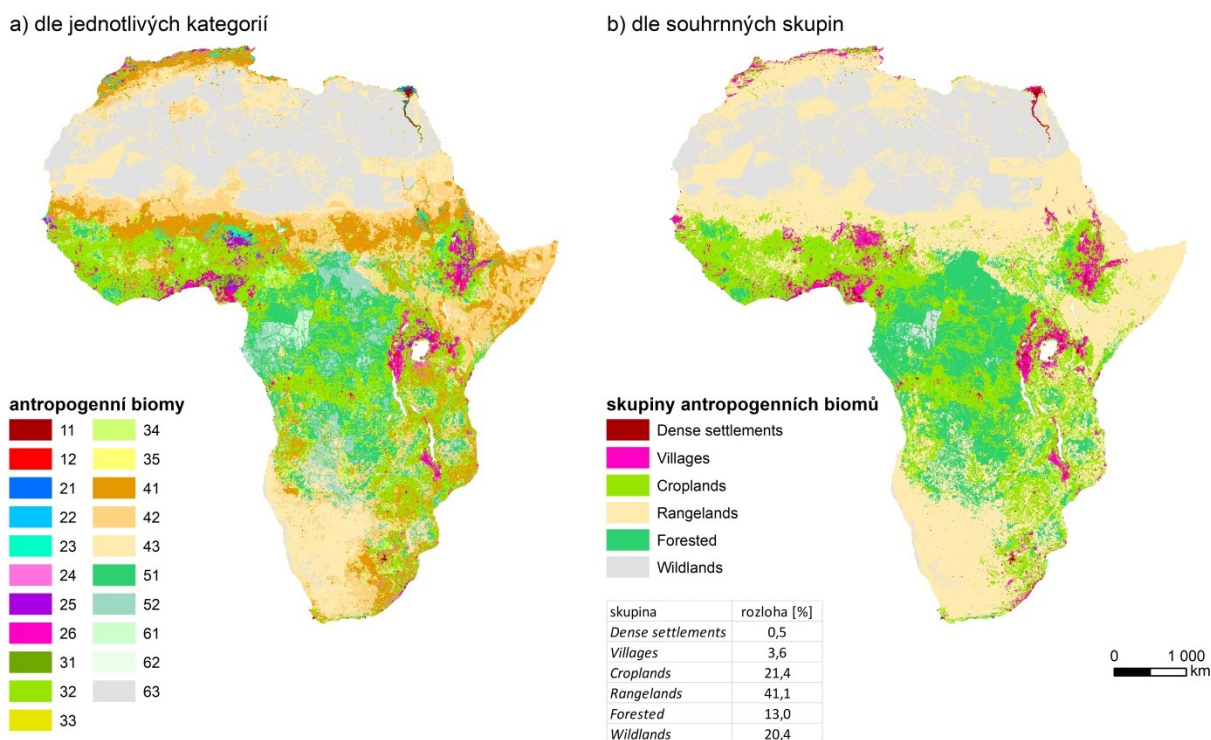
## 5.6 Analýza antropogenní transformace prostředí

Pro hodnocení míry antropogenního vlivu byly k dispozici vrstvy antropobiomů, jak v rastrovém formátu s rozlišením pixelu 0,083°, tak ve vektorovém formátu. Obr. 21 zobrazuje rozložení jednotlivých kategorií antropobiomů, pro přehlednější zobrazení a jednodušší interpretaci byly jednotlivé kategorie zobrazeny v souhrnných skupinách. Vymezené přírodní jednotky byly stejně jako v předchozích krocích naplněny informacemi, tentokrát kategoriálními daty antropogenního prostředí. Funkcí *Intersect* a za pomoci kontingenční tabulky v programu Microsoft Excel 2010, bylo zpracováno procentuální zastoupení 21 kategorií antropogenních biomů. Výsledkem byla tabulka s procentuální rozlohou jednotlivých antropobiomů v každém segmentu.

Klastrová analýza opět sloužila pro klasifikaci jednotek přírodního pozadí dle územního rozložení antropogenních biomů. Segmenty byly podle algoritmu klastrové analýzy shlukovány do jednotlivých klastrů antropogenního prostředí. Výsledné množství klastrů bylo testováno ve variantách počtu 4-8 klastrů antropogenního prostředí.



Obr. 21: Antropogenní biomy



Zdroj dat: Ellis a Ramankutty (2008), vlastní zpracování

Legenda: kapitola 2.5, obr. 4

Jednotlivým polygonům v segmentaci byla přiřazena příslušnost ke klastrům abiotického, biotického a antropogenního prostředí. Segmenty byly následně rozděleny do kategorií v programu ArcMap podle principu *Unique values, many fields* na základě příslušnosti ke klastrům úrovně biodiverzity a antropogenního prostředí. Klastry byly seřazeny dle úrovně biodiverzity a míry antropogenní transformace, čímž vytvořily dvě stupnice (tab. 2). Kombinace úrovně biodiverzity a míry vlivu člověka byla uspořádána podle stupnic v grafu 3. Maximální možný počet jedinečných kombinací byl součin počtu klastrů obou vrstev, tj. celkem 25. Z toho 6 kombinací se v mapovém výstupu nevyskytovalo. Vyskytující se kombinace byly barevně odlišené dle kvadrantů v závislosti na vytvoření hranice mezi nízkou a vysokou biodiverzitou a vlivem nebo bez vlivu člověka. Dále byly kombinace v kvadrantech stínované, značící vyšší či nižší míru vlivu daného faktoru – dle pravidla čím vyšší extrém, tím tmavší odstín. Např. kombinace 1,1 znamená, že je na území vysoká biodiverzita a zároveň vysoký vliv člověka. Zatímco kombinace 3,5 značí stále vysokou biodiverzitu i relativně nadprůměrný vliv člověka, nicméně v nižší míře než v předchozím případě. Naopak druhým extrémem je kombinace 4,3, kdy je v území nízká biodiverzita a prakticky žádný vliv člověka. Graf s barevnými kombinacemi dále sloužil jako legenda k mapovým výstupům.



Tab. 2: Stupnice klastrů biotického a antropogenního prostředí

stupeň biodiverzity	klastry biotického prostředí	stupeň vlivu člověka	klastry antropogenního prostředí
nízká biodiverzita	4	bez vlivu člověka	3
↓	5	↓	4
	3		2
	2		5
vysoká biodiverzita	1	vliv člověka	1

Graf 3: Kombinace stupňů biodiverzity a vlivu člověka

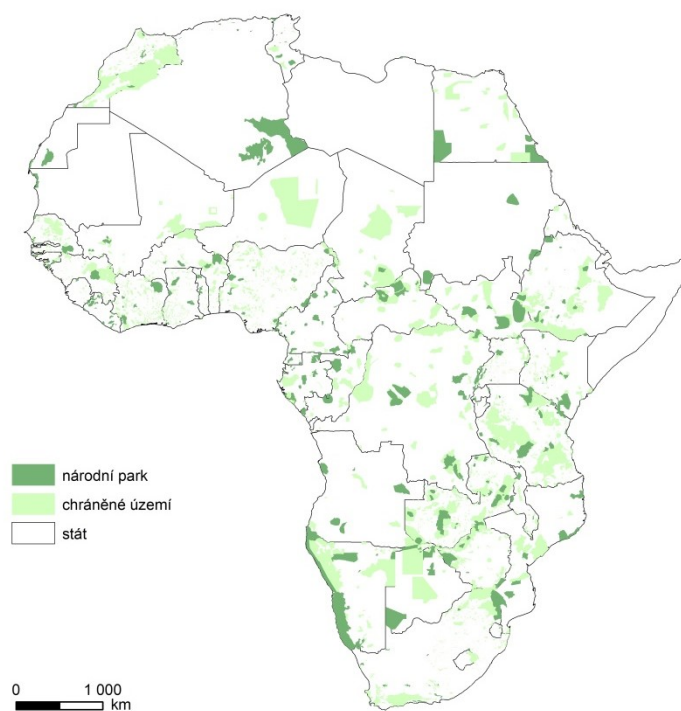
	vliv člověka					
	4,1	5,1	3,1	2,1	1,1	
	4,5	5,5	3,5	2,5	1,5	
nízká biodiverzita	4,2	5,2	3,2	2,2	1,2	vysoká biodiverzita
	4,4	5,4	3,4	2,4	1,4	
	4,3	5,3	3,3	2,3	1,3	
	bez vlivu člověka					

## 5.7 Analýza míry územní ochrany

Posledním krokem k finální syntéze byl faktor ochrany přírody. Data o chráněných územích kontinentu (*WDPA – World Database on Protected Areas*) obsahovala 7089 chráněných území včetně národních parků Afriky (obr. 22). Databáze chráněných území obsahovala různé kategorie ochrany. Do finální syntézy byly zahrnuty všechny kategorie.

K jednotlivým polygonům v segmentaci bylo vypočítáno a přiřazeno procentuální zastoupení rozlohy chráněných území. Plocha chráněných území v segmentech se pohybovala mezi 0-99,7 %, průměrná hodnota ochrany celého kontinentu byla 17,6 %. Pro znázornění extrémních hodnot byly použity hodnoty odpovídající nízkému a vysokému stupni ochrany, tj. dolní kvartil s méně než 2,5 % a horní kvartil s více než 24,7 % chráněného území v segmentu. Ostatní hodnoty 2,5-24,7 % nebylo účelem zobrazovat a zároveň nebyly vyobrazeny pro zanechání přehlednosti mapy.

Obr. 22: Ochrana přírody v zájmovém území



Zdroj dat: Protected Planet (2019), vlastní zpracování

## 6 VÝSLEDKY

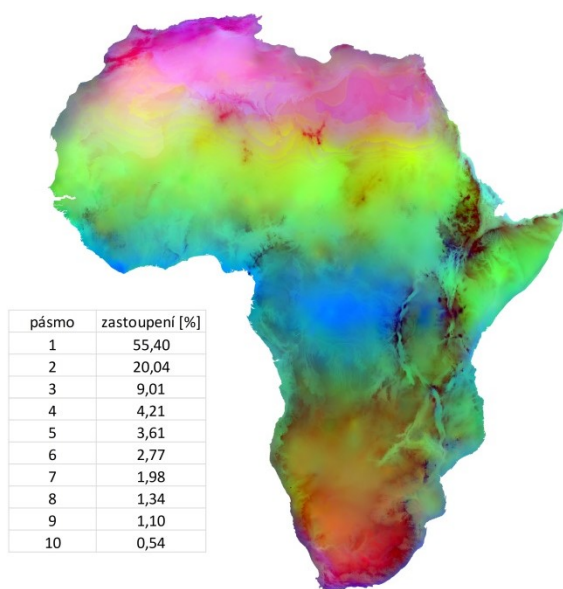
### 6.1 Environmentální klasifikace

Výstupem první části analýzy byla klasifikace přírodního prostředí zpracovávaná na základě syntézy fyzickogeografických faktorů (klíma, reliéf). Produktem analýzy hlavních komponent *PCA* byl vícepásmový rastr s 10 komponenty a soubor s váhami jednotlivých komponent. Hlavními komponentami se součtem vah 84,45 % byla pásma 1-3, ze kterých byla utvořena syntéza RGB zobrazená na obr. 23 a), zastoupení jednotlivých komponentů je vyjádřeno tabelárně. Analýza určila hlavní gradienty abiotického prostředí a dále sloužila jako vstupní vrstva pro segmentaci.

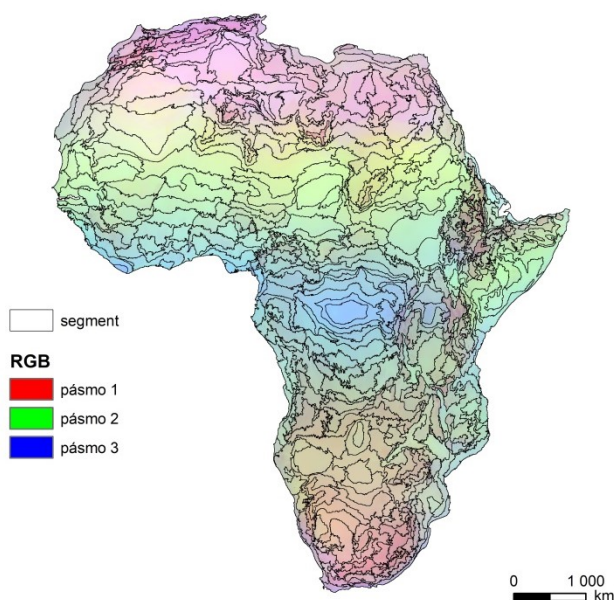
Z několika variant segmentace vícepásmového rastru byla vybrána varianta s 390 polygony zobrazená na obr. 23 b), vymezující homogenní jednotky přírodního prostředí. Průměrná rozloha segmentu byla 74 808 km<sup>2</sup>, nejmenší segment měl plochu 1 543 km<sup>2</sup>, nejrozsáhlejším byl segment o velikosti 437 022 km<sup>2</sup>. Velikost segmentu odpovídá vnitřní heterogenitě podmínek prostředí – malá rozloha segmentu indikuje vysokou heterogenitu a strmé gradienty přírodních podmínek, velké segmenty naopak odrážejí homogenní prostředí.

Obr. 23: Environmentální klasifikace

a) analýza hlavních komponent

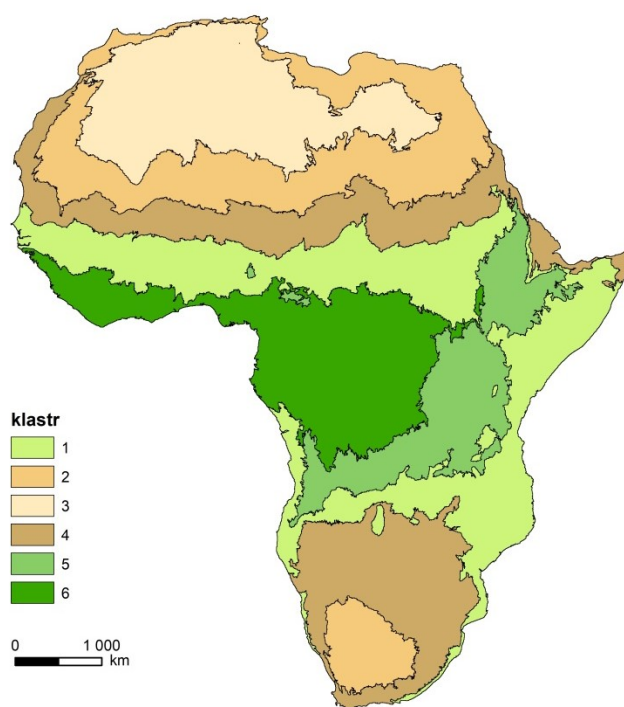


b) segmentace

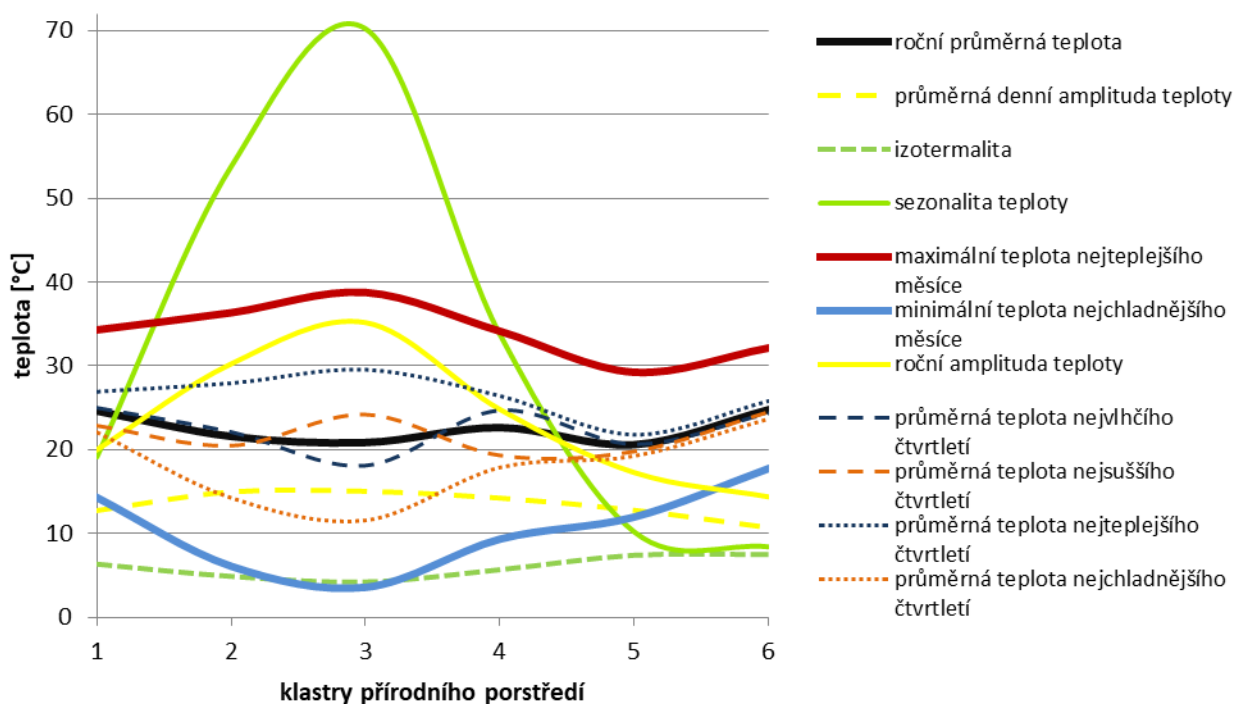


Výsledkem klastrových analýz bylo 5 variant klasifikace klastrů abiotického prostředí, ze kterých byla vybrána nejvíce reprezentativní varianta – abiotické podmínky tak byly vymezeny 6 klastry přírodního prostředí (obr. 24). Bioklimatické proměnné charakterizující přírodní klastry zobrazuje příloha 4. Grafové vyjádření průměrných hodnot bioklimatických proměnných (teplot a srážek) zobrazují grafy 4 a 5.

Obr. 24: Klastrová analýza přírodního prostředí



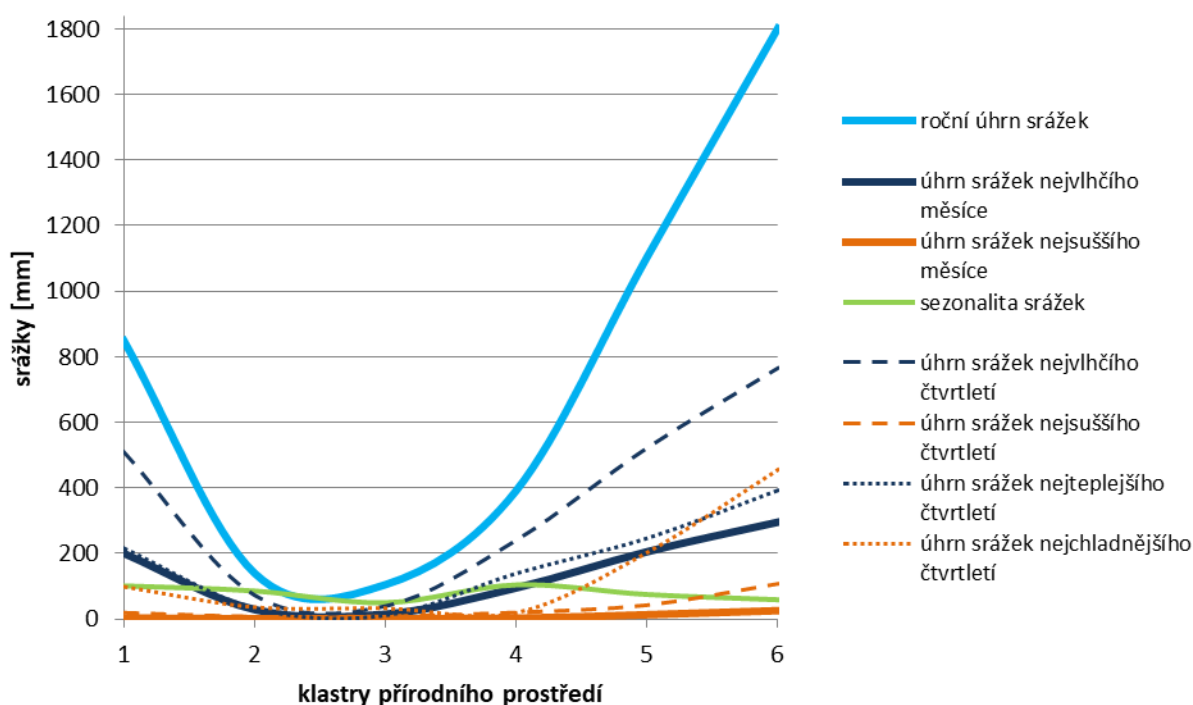
Graf 4: Bioklimatické proměnné – teplotní průměry



Významně odlišné hodnoty vykazují klastry 2, 3 a 6. Klastř 3 může být charakterizován jako pouštní oblast, jelikož průměrná denní amplituda teploty 15 °C a roční amplituda teploty 35,2 °C jsou relativně vysoké, maximální teplota nejteplejšího měsíce je 47,1 °C a minimální teplota nejchladnějšího měsíce je -7 °C. Roční úhrn srážek 105,4 mm/rok a úhrn srážek nejvlhčího měsíce 66 mm představují nejnižší hodnoty ze všech klastrů. V klastř 2 je průměrná denní amplituda teploty rovněž 15 °C, roční amplituda teploty 30,2 °C a maximální

teplota nejteplejšího měsíce 44,4 °C jsou nižší a minimální teplota nejchladnějšího měsíce -1,6 °C je vyšší než v klastru 3. Tato oblast je charakteristická vyššími ročními úhrny srážek 139,7 mm/rok, i úhrn srážek nejvlhčího měsíce 96,8 mm je vyšší, čímž se oblast jeví jako polopouštní. Další výrazné hodnoty vykazuje klaster 6 s ročním úhrnem srážek 1801,8 mm a nejvyššími úhrny srážek nejvlhčího měsíce 713,9 mm. Průměrná roční teplota činí 24,8 °C, průměrná denní amplituda teploty 10,7 °C i roční amplituda 14,4 °C jsou nízké, což značí konstantně vlhkou a teplou oblast korelující s rovníkovou oblastí tropů.

Graf 5: Bioklimatické proměnné – srážkové průměry



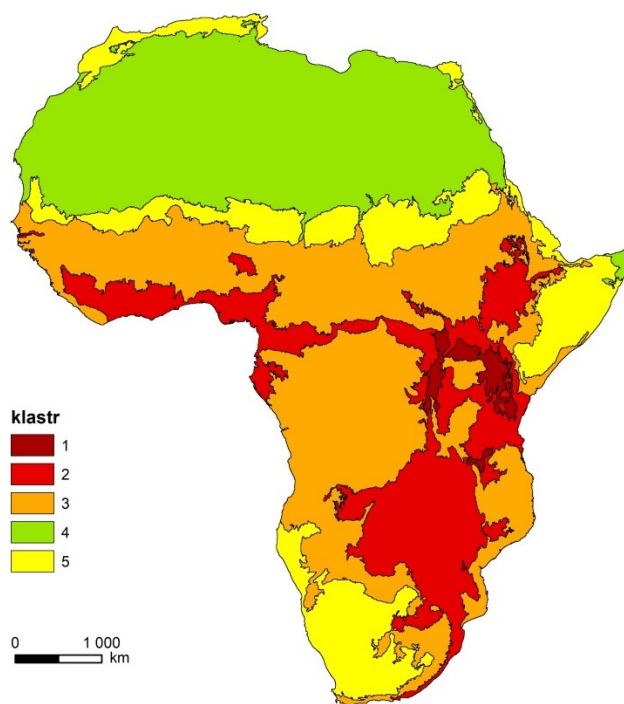
Zbylé klastry 1, 4 a 5 nevykazovaly výrazně odlišné hodnoty teplotních parametrů. U klastru 1 byla roční průměrná teplota mírně vyšší než u klastrů 4 a 5. Větší rozdíly byly evidentní v úhrnech a rozložení srážek, kde klaster 5 vykazoval relativně vysoké roční úhrny srážek 1104,1 mm, zatímco klaster 1 vykazoval průměr ročních srážek 848,8 mm/rok a klaster 4 průměrně 392,1 mm/rok. Rozdíly ve srážkových úhrnech a teplotních poměrech značí klastry 1 a 4 jako přechodné mezi výrazně suchým a horkým klastrem 3 a vlhkým klastrem 6 s konstantní teplotou.

## 6.2 Analýza rozložení biodiverzity

V jednotkách přírodního pozadí bylo vyhodnoceno rozložení biodiverzity na základě dostupných dat o druhové rozmanitosti vybraných skupin živočichů. Klastrovou analýzou bylo vymezeno 5 klastrů reprezentujících základní gradienty biodiverzity (obr. 25). Průměrné hodnoty biodiverzity v rámci vymezených klastrů zobrazuje tab. 3. Pro lepší charakteristiku

rozložení biodiverzity v rozdílných přírodních podmínkách slouží obr. 26 s grafy počtů druhů ptáků, obojživelníků a savců vyjádřené ve vymezených 6 klastrech přírodního pozadí. Jak lze vidět v případech vymezených klastrů biodiverzity i přírodních podmínek, nejvyšších hodnot druhové rozmanitosti obecně dosahují ptáci, poté savci a obojživelníci. V klastrech dle přírodních podmínek je maximálního počtu druhů ptáků 631 dosaženo v klastru 5, minimálně se vyskytují v klastru 3 a 2. Nejvyšší počet druhů obojživelníků 73 se nachází v klastru 6, v ostatních klastrech je výskyt nižší než 50 druhů. U savců je nejvyšší rozmanitosti dosaženo v klastru 5 s počtem 201 druhů. Minimální hodnoty opět odráží klastry 2 a 3. Nejvyšší průměrné biodiverzity savců je dosaženo v klastru 6, tj. jinde, než se vyskytuje maximální počet druhů – v klastru 5. Obecně skupiny živočichů vykazují shodný trend napříč klastry, kdy v klastrech 2 a 3, tj. v suchých podmínkách s vysokými amplitudami teplot, je biodiverzita živočichů nízká, zatímco v klastrech 5 a 6, tj. v oblastech s konstantní teplotou a dostatečným množstvím srážek, je biodiverzita vyšší. V klastrech 1 a 4 jsou hodnoty na pomezí zmíněných dvou typů prostředí a tvoří mezi nimi přechodné zóny.

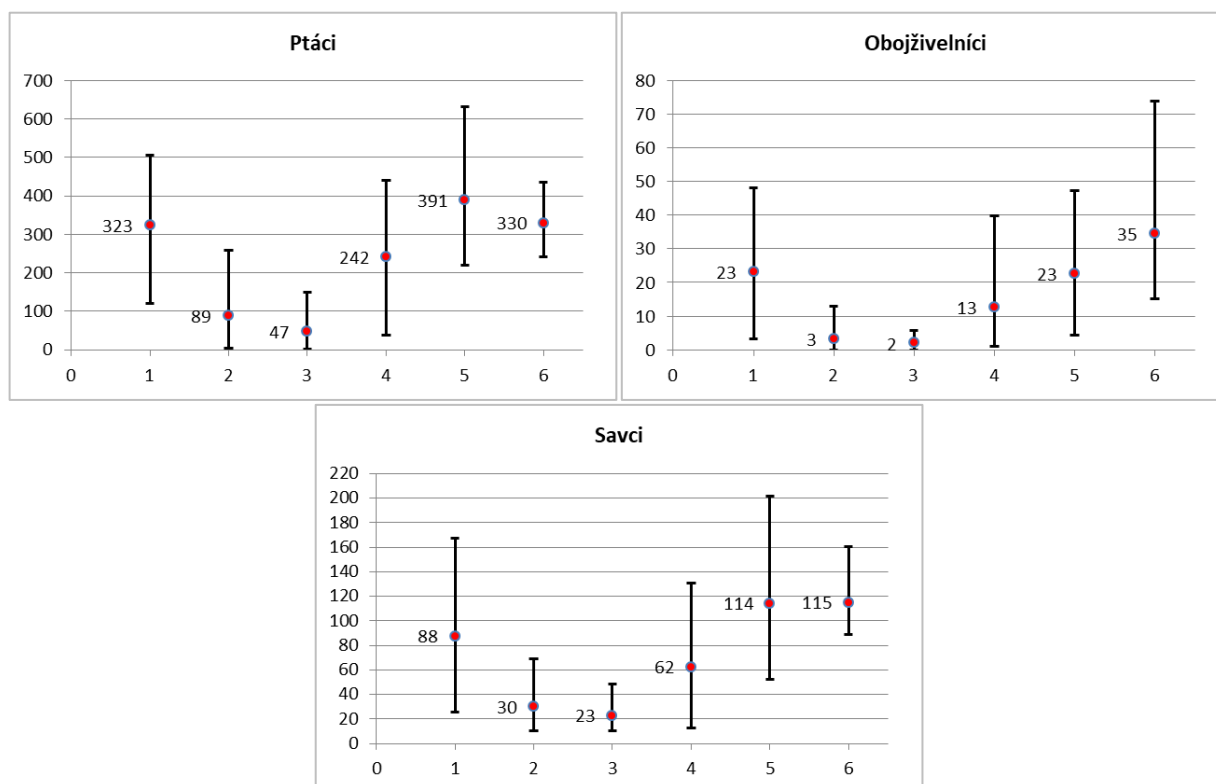
Obr. 25: Klastrová analýza biodiverzity



Tab. 3: Průměrný počet druhů v klastrech biotického prostředí

klastr	ptáci	obojživelníci	savci
1	513,7	29,3	161,4
2	393,1	33,2	117,3
3	306,2	22,4	88,6
4	45,6	1,6	20,4
5	194,7	6,2	48,3

Obr. 26: Charakteristika biodiverzity v klastrech přírodního prostředí



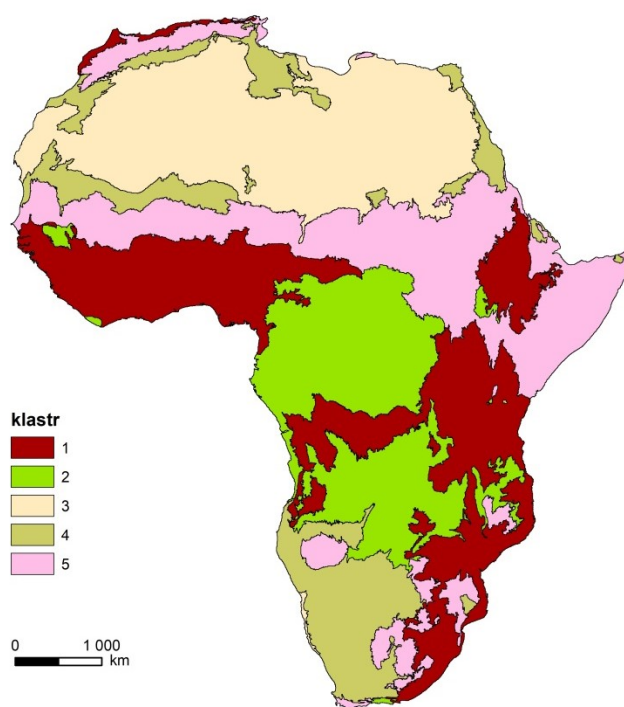
Poznámka: Grafy zobrazují minima, maxima a průměry počtu druhů.

### 6.3 Analýza antropogenní transformace prostředí

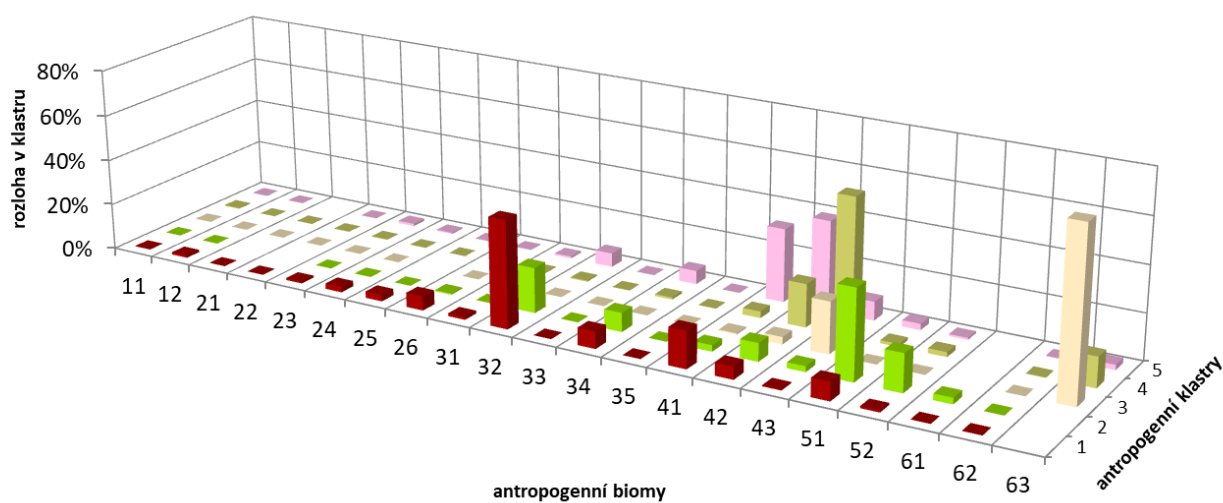
Jednotky přírodního pozadí (segmenty) byly klasifikovány do 5 klastrů dle stupně antropogenní transformace prostředí (obr. 27). Podle procentuálního zastoupení antropobiomů v těchto klastrech, které zobrazuje graf 4, je možno oblasti charakterizovat. Nejmenší vliv člověka lze předpokládat v klastru 3, kde je nejvyšší zastoupení ze všech antropobiomů 73,5 % v kategorii neúrodné (*Barren*). Další významné zastoupení 22,2 % zde mají odlehlé pastviny (*Remote Rangelands*). Ty zároveň zabírají největší rozlohu 59,2 % v klastru 4, kde jsou dále zastoupeny 18,7 % osídlených pastvin (*Populated Rangelands*) a 13,1 % neúrodných ploch. Klaster 4 tak naznačuje roztroušený výskyt člověka v oblastech planin, ale stále zde převažuje přírodní charakter krajiny. Stále přírodní charakter antropobiomů se vyskytuje i v klastru 2, kde se rozprostírá 16,5 % odlehlých lesních ploch (*Remote Forests*). Je zde ale možno vidět narůstající vliv člověka, jelikož 38,9 % zabírají osídlené lesní plochy (*Populated Forests*) a 19,6 % obydlené srážkami zavlažované mozaiky (*Residential Rainfed Mosaic*). Tyto mozaiky jsou hojně zastoupené v klastru 1, kde zabírají 46,6 % a spolu s 16,1 % obydlených pastvin (*Residential Rangelands*) charakterizují oblast jako nejvíce obydlenou. Osídlený je také klaster 5, kde antropobiomy *Populated Rangelands* zabírají 39,1 % a *Residential Rangelands* 31,8 %.



Obr. 27: Klastrová analýza antropogenního prostředí



Graf 6: Zastoupení antropobiomů v klastrech antropogenního prostředí



#### Anthropogenic Biomes: Legend



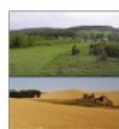
##### Dense settlements

- 11 Urban
- 12 Dense settlements



##### Villages

- 21 Rice villages
- 22 Irrigated villages
- 23 Cropped & pastoral villages
- 24 Pastoral villages
- 25 Rainfed villages
- 26 Rainfed mosaic villages



##### Croplands

- 31 Residential irrigated cropland
- 32 Residential rainfed mosaic
- 33 Populated irrigated cropland
- 34 Populated rainfed cropland
- 35 Remote croplands



##### Rangelands

- 41 Residential rangelands
- 42 Populated rangelands
- 43 Remote rangelands



##### Forested

- 51 Populated forests
- 52 Remote forests



##### Wildlands

- 61 Wild forests
- 62 Sparse trees
- 63 Barren

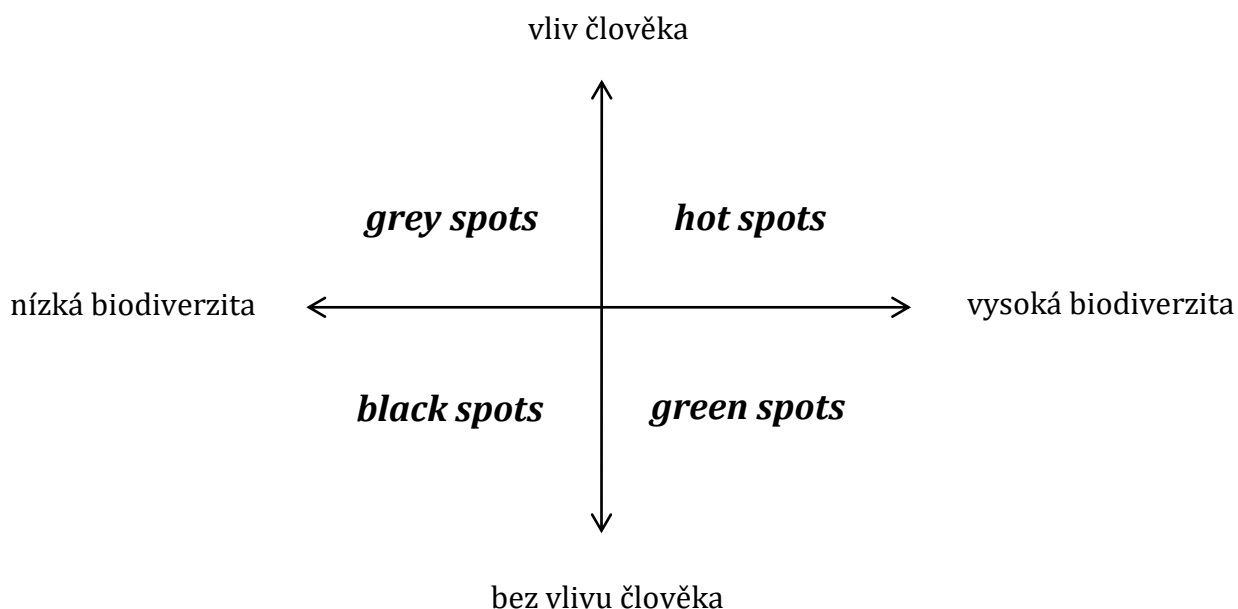
Legenda: Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world (Ellis a Ramankutty 2008)



Kombinací klastrů biotických a antropogenních podmínek vznikly čtyři kategorie prostředí. Podle kombinací lze jednotlivá území v mapě charakterizovat dle grafu 7 jako tzv. *grey/hot/black/green spots*. Obr. 28 zobrazuje jednotlivé varianty typů prostředí.

*Grey spots*, neboli šedé skvrny, jsou území s významným vlivem člověka, ale v oblastech s nízkou biodiverzitou. V Africe tvoří 3 hlavní regiony – pohoří Atlasu, pás Sahelu a Africký roh. Jsou to oblasti osídlených pastvin, přechodné zóny, které zabírají nejmenší rozlohu 12,7 % na kontinentě. *Hot spots*, či horké skvrny, jsou oblasti vysoké biodiverzity a vysokého vlivu člověka. Jsou to zranitelné oblasti, ve kterých je obzvláště nutná ochrana přírody a biodiverzity. Zaujímají třetinu Afriky a nacházejí se podél Guinejského zálivu, kde se vyskytují deštné lesy a zároveň je zde vysoká hustota zalidnění. Dále pak v riftovém pásu, kde je převážně vysoká biodiverzita, ale zároveň i hustě obydlené a intenzivně využívané krajiny. *Black spots*, neboli černé skvrny, jsou periferní oblasti s nízkou biodiverzitou a nízkým vlivem člověka. Jsou to pustiny, v Africe se rozkládají na největší ploše 34,5 %, především v pouštní oblasti Sahary, dále v nižších než extrémních hodnotách na jihozápadě kontinentu v pouštích Namib a Kalahari. *Green spots*, či zelené skvrny, odpovídají oblastem s vysokou biodiverzitou, ale dosud nízkým stupněm antropogenní transformace prostředí. Jsou to přírodní oblasti, v Africe oblast Konžského deštného lesa a odlehlých lesních ploch v savanách plošiny Luanda-Katanga.

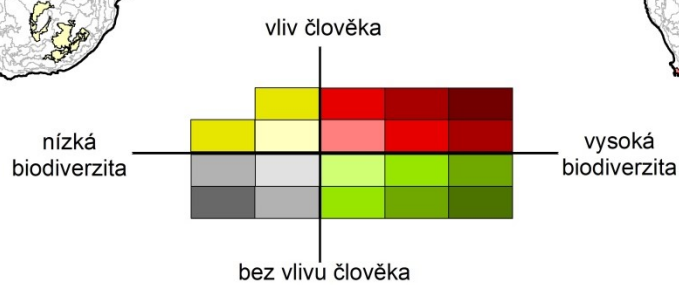
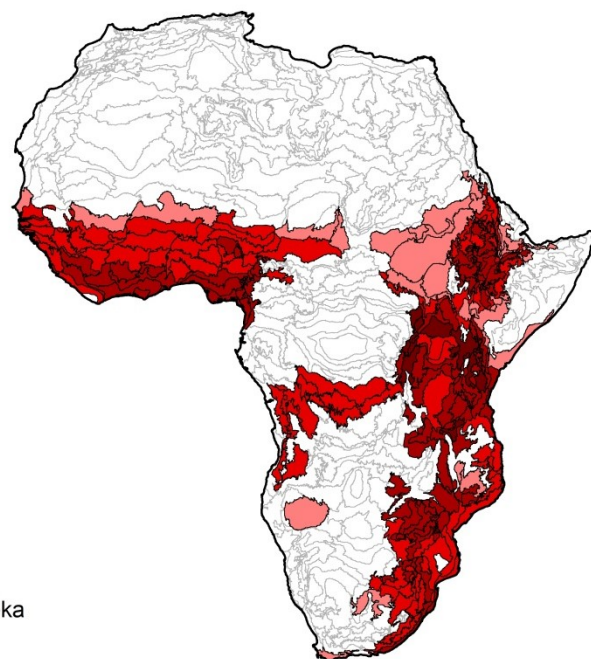
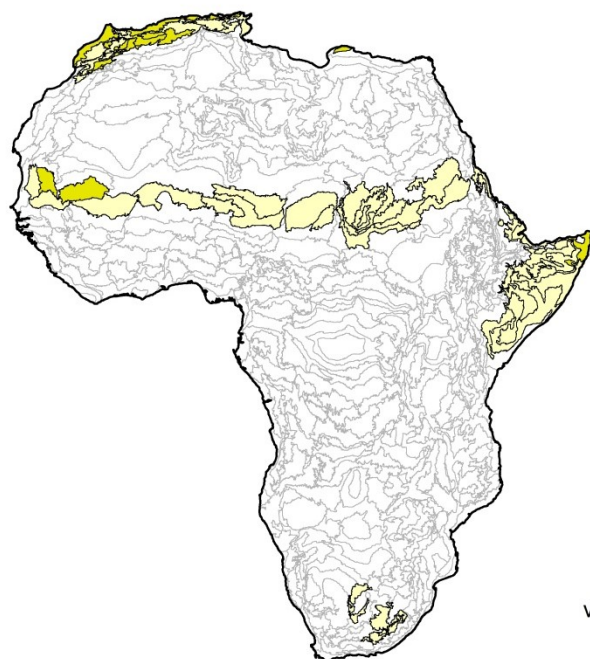
Graf 7: Charakteristika oblastí podle biodiverzity a vlivu člověka



Obr. 28: Kategorie prostředí s ohledem na kombinaci biodiverzity a vlivu člověka

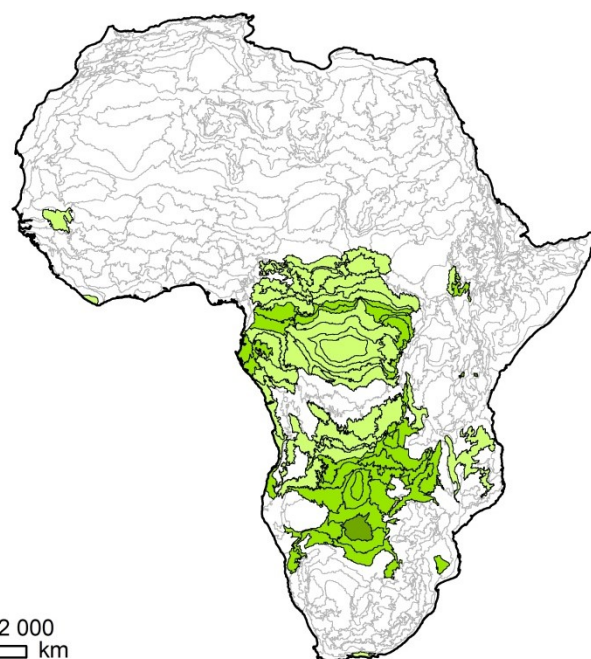
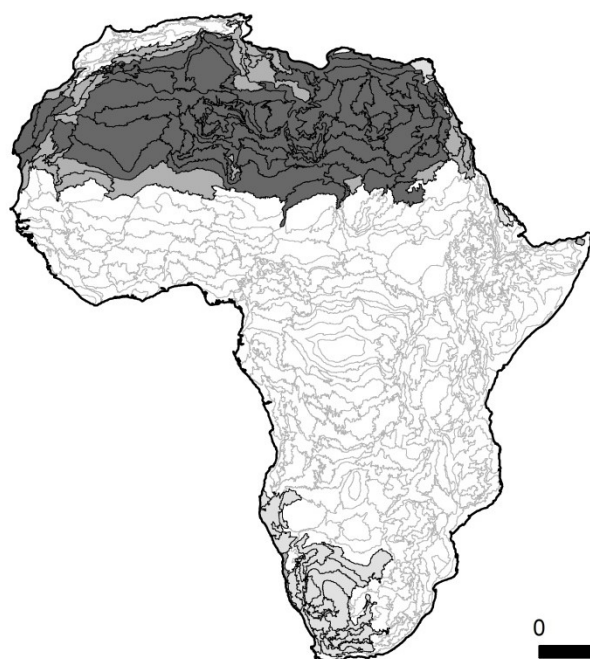
a) grey spots

b) hot spots



c) black spots

d) green spots



0 2 000 km

## 6.4 Syntéza míry antropogenní transformace prostředí a územní ochrany

Ve finální syntéze (obr. 29) se prolínají výše popsané kategorie prostředí s ochranou přírody. Zde nastává 8 variant, kdy zmíněné 4 typy prostředí spadají do nízké úrovně ochrany (méně než 2,5 % plochy daného segmentu) nebo vysoké úrovně ochrany (více než 24,7 % plochy daného segmentu). Plochu chráněného území v jednotlivých typech prostředí zobrazuje tab. 4. Důraz by měl být kladen na místa s vysokou biodiverzitou, tj. *hot* a *green spots*, která by měla být chráněna před postupujícím vlivem člověka.

Tab. 4: Ochrana přírody v typech prostředí

	plocha v rámci kontinentu [%]	průměrná hodnota územní ochrany [%]	plocha území v nízké úrovni ochrany [%]	plocha území ve vysoké úrovni ochrany [%]
<i>grey spots</i>	12,7	12,1	43	13,9
<i>hot spots</i>	33,1	18,5	11,8	24,9
<i>black spots</i>	34,5	14,3	54	9,3
<i>green spots</i>	19,7	25,1	5,2	30,2

Nejvyšších hodnot plošné ochrany přírody dosahují segmenty náležící ke *green spots*, hlavně plošina Luanda-Katanga a oblasti Konžské pánve. Naopak málo chráněná území, kterých je jen 5,2 %, se nacházejí v segmentech mezi plošinou Luanda-Katanga a Konžskou pánví a na severozápadním okraji pánve.

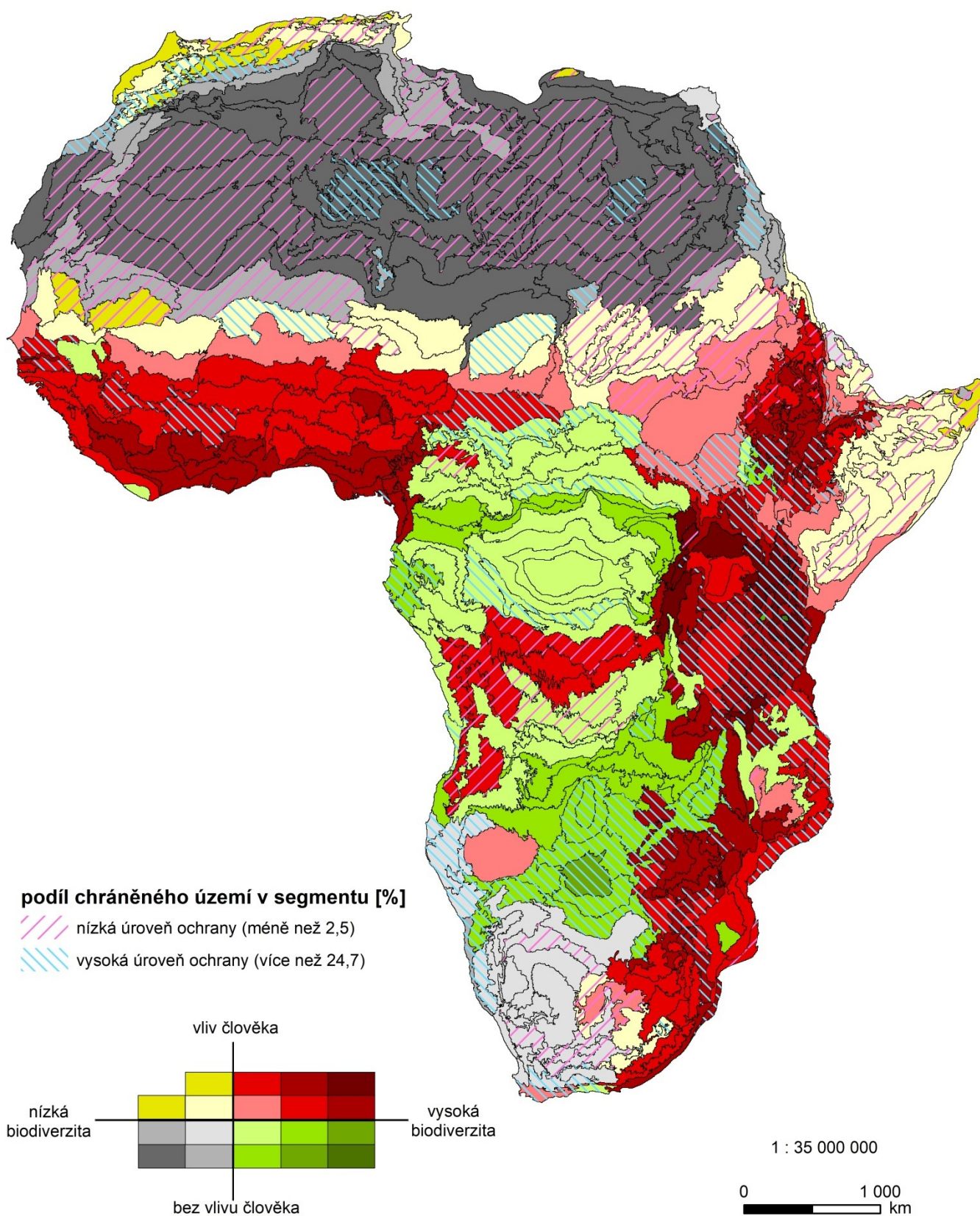
Segmenty náležící k *hot spots* se v rozsahu územní ochrany umisťují na druhém místě. Čtvrtina jejich celkové plochy vykazuje nadprůměrnou ochranu území a to zejména v oblasti po celé délce riftové zóny (až na výjimky). Dále je zřetelná nadprůměrná ochrana Kapské oblasti a oblasti Guinejské vysočiny. Málo chráněná území se nacházejí v segmentech nižšího stupně biodiverzity a nižšího vlivu člověka. Jsou to segmenty v povodí Konga, oblasti plošiny Kordofán (mezi Sahelem a Africkým rohem) a další menší jednotlivé segmenty (na jihu a východě jižní Afriky, na východním a severozápadním okraji Konžské pánve), kde je takto zranitelný typ prostředí málo chráněn.

V místech nízké biodiverzity – *grey* a *black spots* – není ochrana natolik důležitá, jsou to většinou pustiny a málo osídlené oblasti. V průměru jsou nejméně chráněné *grey spots*, kde téměř polovina území je v kategorii nízké úrovně ochrany. Prostředí je více ovlivňováno člověkem než *black spots*, přesto se zde nacházejí nějaká území s vyšší mírou ochrany, např. u pohoří Antiatlas nebo uprostřed Sahelu.

Největší rozloha 54 % nízké stupně ochrany se nachází v oblastech *black spots*. Za zmínku stojí výjimky v těchto oblastech, které chráněné jsou. Jsou to území na Sahaře, kde se nachází národní park Tassili N'Ajjer, na severozápadě Afriky v oblasti Atlasu, na severovýchodě v Arabské poušti nebo na jihu kontinentu (národní park Namib-Naukluft a Velké Karoo).



Obr. 29: Antropogenní transformace přírodního prostředí Afriky v kontextu biodiverzity a územní ochrany



## 7 DISKUZE

---

Hodnocení transformace přírodního prostředí v tak rozsáhlém území, jako je kontinent, představuje syntézu řady vstupních dat, která je třeba vybrat a upravit (transformovat a generalizovat). V důsledku toho dochází v jednotlivých krocích metodiky k určité míře subjektivity. Cílem této kapitoly je diskuze a porovnání metodických postupů a výsledků, popsanych v kapitolách 5 Materiál a metody a 6 Výsledky s poznatky obsaženými v literatuře.

### 7.1 Výběr vstupních dat

Úvodním krokem metodiky je výběr a předzpracování vstupních dat, což odráží účel zpracování a autorovo zaměření. Není reálné postihnout všechny faktory ovlivňující krajinnou sféru, je nutné vybrat relevantní data pro danou problematiku. Potřebná data navíc velmi často bývají omezená dostupností, formátem či poplatky. V případě hodnocení transformace přírodního prostředí v Africe, jež bylo zpracováno v předložené práci, byla data volně dostupná i v dostatečně kvalitním rozlišení vzhledem ke kontinentální studii. Všechna data byla získána v rámci globálních datových sad.

V případě volby dat o přírodním prostředí se zahraniční literatura (např. Ellis a Ramankutty 2008; Sayre a kol. 2013; Sayre a kol. 2014; Olson a kol. 2001) shoduje v tom, která data mají do syntézy vstupovat. Vždy se jedná o data charakterizující abiotické prostředí, které zachycuje základní fyzickogeografické gradienty (nejčastěji klimatické, geomorfologické, potažmo substrátové poměry), rozdíly pak vytváří volba databází daných proměnných (Romportl 2009). V předkládané práci byla zvolena data vzhledem k jejich dostupnosti a nejvyššímu rozlišení. Klimatické proměnné představovaly základní faktory ovlivňující většinu ostatních přírodních procesů. Možnost výběru bioklimatických dat tvořily databáze Worldclim a Chelsa Climate, zvolený byl datový soubor Chelsa Climate (2018) z důvodu větší aktuálnosti a vyššího rozlišení dat.

Dalším neopominutelným podkladem charakterizujícím abiotické podmínky je reliéf, reprezentovaný buď digitálním výškovým modelem (*DEM – Digital Elevation Model*) nebo digitálním modelem reliéfu (DMR). Gradient nadmořské výšky má zásadní vliv na fyziognomii a fungování krajiny, ovlivňuje i další geografické struktury a procesy a podmiňuje azonální biomy a společenstva. Z digitálního modelu reliéfu lze odvodit celou řadu dalších proměnných popisujících charakteristiky reliéfu (např. sklonitost, orientaci, vertikální heterogenitu, atd.). Vzhledem ke kontinentálnímu rozsahu studie však byla použita jen nadmořská výška z podkladu DMR (CGIAR 2018), který byl vybrán z důvodu vyššího rozlišení.

Vedle proměnných popisujících fyzickogeografické poměry byly v dalších analýzách použity charakteristiky biotických poměrů, konkrétně data o rozložení biodiverzity ptáků,

obojživelníků a savců, která pro účely syntézy nebylo potřeba nikterak upravovat. Data přírodního prostředí bylo zapotřebí reprezentovat kontinuálními daty z důvodu dalšího využití v metodice, proto nebyly do analýzy zahrnuty kategoriální proměnné jako např. geologické či substrátové poměry, které navíc byly dostupné jen ve velmi omezené kvalitě.

V případě analýzy hlavních komponent a objektově orientované analýzy bylo nutné pracovat s rastry stejného rozlišení a prostorového rozsahu (Romportl 2009), proto byla vytvořena maska kontinentální Afriky. V jejím rozsahu byl vygenerován náhodný rastr s rozlišením pixelu 1 x 1 km, podle kterého byly všechny použité rastrové datové sady klimatických poměrů, charakteristik reliéfu a distribuce biodiverzity upraveny. Pro studii kontinentálního rozsahu to představuje dostatečné rozlišení – vyšší prostorové rozlišení datových sad by mohlo zlepšit výsledky, ale vedlo by k enormnímu růstu objemu dat a výpočetní náročnosti, což by bylo technicky a časově náročnější na zpracování.

Podklad charakterizující míru antropogenního vlivu, který byl zahrnut do vstupních dat, byla data antropogenních biomů. Jednalo se opět o volně dostupná data vysokého rozlišení. Při volbě dat pro analýzu antropogenní transformace přírodního prostředí kontinentu bylo možné využít i data o krajinném pokryvu (ESA 2015), což představuje případný nedostatek studie, kterého si je autorka vědoma. Data o krajinném pokryvu vyjadřují rozložení lidských aktivit v krajině, čímž vypovídají o míře antropogenního ovlivnění. Bylo diskutováno zařazení hodnocení změn krajiny mezi lety 1992-2015. Z důvodu nadměrného množství dat (24 let) a nutné generalizace (sloučení) kategorií toto nebylo realizováno, přestože využití informace o charakteru krajiny je běžné ve většině klasifikací přírodního prostředí (např. Sayre a kol. 2013; Sayre a kol. 2014).

## **7.2 Prostorový rámec**

Dalším faktorem při vzniku kterékoli klasifikace je prostorový rámec, resp. měřítko. Používané měřítko závisí na aplikaci, pro kterou mají být výsledky použity. Globální klasifikace geografického prostředí mohou poskytnout obecný přehled a celosvětové srovnání, ale na úkor generalizace skutečných podmínek. Pro zodpovězení otázek na světové úrovni je dostačující nižší rozlišení. Na druhou stranu mohou vznikat velmi komplexní klasifikace na globální (Ellis a Ramankutty 2008) i kontinentální (Sayre a kol. 2014) úrovni, které vycházejí z robustní syntézy enormního množství vstupních dat. Z důvodu nedostatku kontinentálních studií a s úmyslem přispět novými shrnujícími informacemi k hodnocení míry antropogenní transformace přírodní sféry byla pro účely práce zvolena kontinentální úroveň. I když vzhledem ke komplexnosti afrického kontinentu je těžké jej mapovat v tak velkém měřítku. Jak lze totiž předpokládat, úroveň rozlišení klesá s rostoucím prostorovým rozsahem (Simensen, Halvorsen a Erikstad 2018). Existuje jen několik studií pohybujících se v měřítku

kontinentální úrovni (např. Sayre a kol. 2013). Ty mohou přinášet dobré komplexní, byť zjednodušené informace, ale nemusí kvalitně reprezentovat realitu. Pro porovnání či detailnější interpretaci je lepší se zaměřit na studie užšího rozsahu, např. Evans (2017), Scharsich a kol. (2017), které využívají data větších měřítek i terénní šetření. Data se totiž těžko interpretují v heterogenních oblastech, kde jsou těžko rozeznatelné vizuálně pominutelné, ale biologicky významné modifikace a degradace stanovišť v prostředí jako jsou např. savany nebo louky (Craigie a kol. 2010). Regionální studie, které jsou častější, mohou poskytovat informace spíše odpovídající realitě, ale může zde docházet k neopakovatelnému využití na jiné regiony a tudíž nemožnosti srovnání. Na lokální úrovni pak může docházet k limitované dostupnosti dat.

### 7.3 Segmentace

Tříděním geografické sféry do prostorových jednotek vznikají různé klasifikace přírodního prostředí v Africe (např. Olson a kol. 2001; Sayre a kol. 2013; Sayre a kol. 2014). V důsledku heterogenního složení krajiny je to nelehký úkol, kdy aplikací různých metod a přístupů k problematice vzniká nesčetné množství jak monotematických, tak komplexních klasifikací přírodní sféry (Lipský a Romportl 2007; Romportl 2009; Simensen, Halvorsen a Erikstad 2018).

Zásadními kroky v metodice byly segmentace a následná klasifikace. Zmíněné klasifikace (biomy, ekosystémy, ekoregiony a ekologické krajinné jednotky) znázorňovaly komplexní klasifikace přírodního prostředí. Biomy sice popisují homogenní krajinné systémy, ale velmi široce. Ekosystémy naopak odrážejí spíše konkrétní vegetační podmínky než obecně abiotické prostředí, čímž jich je početně více než biomů. Ekologické krajinné jednotky podle Sayre a kol. (2014) jsou nejvíce detailní a nejpočetnější, tudíž nejvíce odrážejí reálné podmínky, ale jsou složité na zpracování v důsledku velkého měřítka a komplikované legendy. Nejlépe použitelné by mohly být ekoregiony podle Olson a kol. (2001), které jsou velikostně a početně ideálními jednotkami. Dalšími možnými segmentacemi kontinentu do prostorových jednotek jsou pravidelné sítě (čtvercové, hexagonální, ...), povodí či agroekologické zóny (např. IFPRI 2014). Pro tuto práci však nebyly tyto klasifikace vhodné a byla vytvořena zcela nová klasifikace environmentálních regionů.

V případě fáze segmentace může být diskutabilní volba a nastavení faktorů, vstupujících do analýzy. Tyto faktory však nelze předem definovat, je zde potřeba empirických zkušeností, které se pak odrážejí v subjektivitě autora. Největší vliv na rozdílné výsledky segmentace mají nastavení parametrů *Scale Parameter*, *Compactness Factor* a *Shape Factor*.

Druhým krokem analýzy bylo třídění segmentů do klastrů procesem shlukové analýzy. V této fázi byl definován pouze počet klastrů, ze kterých bylo následně potřeba vybrat

výslednou variantu. Cílem výběru bylo navržení adekvátního počtu klastrů, které co nejlépe odpovídaly stratifikaci abiotických, biotických i antropogenních podmínek. Počet klastrů zohledňuje homogenitu anebo heterogenitu dat, která se liší v důsledku nastavení různých škál. S narůstajícím počtem klastrů roste i homogenita uvnitř klastru, ovšem zároveň narůstá možnost výskytu specifických klastrů, které pak vytváří unikátní a samostatné třídy. Po konzultaci s vedoucím práce a empirickém zvážení celkově 15 variant klastrových analýz byl finální počet klastrů stanoven na 6 přírodního prostředí, 5 biotického prostředí a 5 antropogenního prostředí.

## **7.4 Klasifikace**

Posledním krokem bylo zakomponovat výsledky analýz a utvořit z nich finální syntézu. Hodnocení transformace přírodního prostředí Afriky bylo realizováno v prostorovém rámci homogenních jednotek, které odpovídaly přírodním podmínkám. Velikostně odpovídaly přibližně klasifikaci ekoregionů, které měly průměrnou velikost 150 000 km<sup>2</sup> (Olson a kol. 2001). Vytvořené segmenty měly průměrnou rozlohu 75 000 km<sup>2</sup>, čímž lépe odrážely reálné přírodní podmínky. Velikost segmentu odpovídala heterogenitě území – čím větší segment, tím homogennější prostředí. Minimální velikost segmentu činila asi 1 500 km<sup>2</sup>, což s ohledem na měřítko finální syntézy 1 : 35 000 000 ještě umožnilo tento prvek znázornit. Tudíž nebylo nutné data generalizovat, resp. uměle určit minimální velikost segmentu, čímž nenastala ztráta žádných vyčleněných segmentů.

K homogenním jednotkám přírodního prostředí následně vstupovala informace z klastrových analýz biotických poměrů a antropogenního prostředí. Vymezení klasifikace vzájemnou kombinací těchto vstupních vrstev již podléhalo minimálnímu subjektivnímu faktoru autorky. V této fázi vzniklo 25 možných kombinací prostředí (5 klastrů biodiverzity násobených 5 klastry antropogenního vlivu), ze kterých se v Africe reálně vyskytovalo 19. Jelikož nebylo možné kartograficky vyjádřit tolik kombinací samostatně, byla utvořena hranice míry biodiverzity a vlivu člověka, která byla určena dle podkladových statistik výsledných analýz. Určení minimální velikosti segmentu by mělo zásadní vliv na počet segmentů a následně i rozložení a počet klastrů. Naopak stanovení minimální velikosti segmentu by předešlo vzniku unikátních kategorií o jednom exempláři (např. kombinace 1,4 – shodou okolností nejmenší polygon, nebo 1,2), čímž by došlo ke ztrátě vymezené kombinace. Otázkou je, zda je potřeba redukovat množství segmentů na úkor ztráty specifické kombinace i o jednom exempláři.

## **7.5 Hodnocení míry transformace přírodního prostředí**

Hranicemi na stupnicích klastrů byly určeny 4 typy prostředí v Africe, v závislosti na vlivu biodiverzity a antropogenního ovlivnění. Tím finální syntéza poskytla informaci o všech



potenciálně možných kombinací na úrovni homogenních jednotek a zároveň i zobecnění ve čtyřech nejvýznamnějších a nejdůležitějších typech přírodního prostředí v kontextu biodiverzity a antropogenního vlivu. Nejvyšší pozornost je třeba věnovat oblastem s vysokou mírou biodiverzity anebo významným vlivem člověka.

Oblasti s vysokou biodiverzitou zaujímají přes polovinu kontinentu (52,8 %). Nejvyšší druhové rozmanitosti se dostává v oblasti riftu východní Afriky a deštného pralesa v konžské oblasti, tj. v místech s konstantní teplotou a vysokými úhrny srážek. V oblastech kde dojde k nárůstům teplot a poklesům srážek pak lze předpokládat změny biodiverzity (Mantyka-Pringle a kol. 2015) a změny krajinného pokryvu (Gross a kol. 2013). Právě v oblastech s bohatou druhovou diverzitou je velmi často soustředěna činnost člověka (Ellis 2013), což odráží i výsledek této práce. *Hot spots* charakterizující vysokou biodiverzitu a vysoký vliv člověka zabírají třetinu kontinentu. Nacházejí se podél Guinejského zálivu, kde je vysoká biodiverzita (Jenkins 2018) a vysoká hustota zalidnění, zároveň pak napříč východní Afrikou, kde převládá hlavně vysoká biodiverzita. *Green spots* charakterizující sice vysokou biodiverzitu, ale nepatrný vliv člověka, zabírají také třetinu kontinentu. Nacházejí se hlavně ve středu a na jihu kontinentu, v místech pralesů a vlhkých savan s nižší hustotou zalidnění.

Antropogenně ovlivněné oblasti zabírají méně než polovinu kontinentu (45,8 %), zatímco podle Václavík a kol. (2013) a Ellis a Ramankutty (2008) vykazuje známky antropogenních změn více než 75 % zemského povrchu. Pokud charakterizujeme pouze oblasti *Wildlands* jako člověkem neovlivněné, v Africe je tedy 79,6 % antropogenně ovlivněného území. K tak velkému číslu dospěli autoři Ellis a Ramankutty (2008) když definovali *Rangelands* (pastviny) jako antropobiomy. Kdyby tomu tak nebylo, tato hodnota by klesla na méně než polovinu (Sayre a kol. 2017), což by odpovídalo výsledku této práce. Podle Sayre a kol. (2017) je ve většině afrických oblastí pastva natolik dlouhotrvající, že ji nelze vyloučit z přirozených podmínek a rozsah antropobiomů zde tedy je výrazně nadhodnocen.

## 7.6 Ochrana přírody

Obecně lze pozorovat markantní antropogenní vliv na změnu krajinného pokryvu, která se přenáší i do chráněných území, jež jsou tím negativně ovlivňovány (Craigie a kol. 2010; Gross a kol. 2013). Sledování změn probíhá většinou uvnitř hranic chráněných území a to může zkreslovat výsledky. Proto jsou častými problémy při analýzách oblastí nedostatečné či nekompletní datové údaje a řady, a tak se velké množství studií opírá o metody dálkového průzkumu Země pomocí digitálních prostorových dat. Zde také záleží na rozlišení, časovém rozmezí snímání a interpretaci dat. Použitá data v této studii byla vektorové povahy, volně dostupná a aktuální. Průměrná hodnota územní ochrany přírody v rámci jednotlivých segmentů přírodních jednotek na kontinentě činila 18 % (Protected Planet 2019), což může

být ještě nadhodnoceno právě díky subjektivitě ve sledování změn či nedostatečným datovým údajům.

Pro potřeby finální syntézy antropogenní transformace přírodního prostředí Afriky v kontextu biodiverzity a ve vztahu k územní ochraně byly vymezené segmenty doplněny informací o podílu chráněných území. Hodnoty byly zvoleny na základě rozložení dat statistického souboru (dolní a horní kvartil), čímž bylo poukázáno na extrémní hodnoty nízké nebo vysoké úrovně ochrany. Výsledek analýzy potvrdil předpoklad výskytu chráněných území v těch oblastech, kde se nachází hlavní národní parky (např. na Sahaře nebo ve východní Africe). Přínosem analýzy bylo poukázání na území, která si zasluhují větší pozornost, tj. nechráněná území v oblastech *hot spots* a *green spots*, která je potřeba co nejvíce chránit v důsledku zachování vysoké biodiverzity nebo ohrožení velkým antropogenním tlakem.

## 8 ZÁVĚR

---

Africký kontinent představuje velmi heterogenní geografický systém zahrnující pestrou paletu odlišných fyzickogeografických oblastí, které jsou utvářeny různorodými ekosystémy. Obě skupiny vlivů, které tuto heterogenitu formují – přírodní i antropogenní procesy – se v prostoru a čase prolínají a vzájemně ovlivňují, čímž přetváří tyto ekosystémy a celkově i přírodní sféru Afriky. Metodologický cíl práce představoval klasifikaci přírodního prostředí Afriky na základě gradientů abiotického prostředí, rozložení biodiverzity a antropogenního vlivu, následně porovnanou s územní ochranou.

První cíl práce – zjistit vliv lidské činnosti na přírodní prostředí a jak je činnost člověka v prostředí diferencována – se podařilo splnit. Možné příčiny transformace přírodního prostředí v Africe byly představeny formou rešerše, kde bylo pojednáno o přeměně prostředí vlivem přirozených vlivů, ale především těch antropogenních, které působí přímo, anebo nepřímo skrze biofyzikální faktory. Diferenciace prostředí ovlivněného člověkem byla zobrazena ve finálním mapovém výstupu, kde byly určeny oblasti markantního antropogenního vlivu na místech vysoké (i nízké) biodiverzity.

Hodnocení míry antropogenní přeměny bylo provedeno v kontextu přírodní sféry, která byla zachycena soustavou vnitřně homogenních segmentů. Klasifikací přírodního prostředí v Africe bylo v rámci rešerše představeno několik nejčastěji citovaných přístupů. Pro potřeby studie však byla připravena vlastní klasifikace založená na datech bioklimatických proměnných a reliéfu. Kvalita těchto segmentů byla určena biodiverzitou a stupněm transformace přírodních podmínek antropogenními vlivy dle zastoupení antropobiomů.

V jednotkách přírodního prostředí lze očekávat predispozici pro rozložení biodiverzity, která je následně ovlivňována člověkem. Další cíl – určit jak jsou regiony s vysokou biodiverzitou ovlivňovány člověkem – byl splněn částečně. Jelikož byl výzkum zpracován na kontinentální úrovni, bylo možné určit pouze umístění oblastí s vysokou biodiverzitou ovlivňovaných člověkem. Na otázku jakými příčinami konkrétně jsou regiony ovlivňovány, by bylo potřeba dalšího výzkumu vlivů na lokální úrovni, případně obohatit výzkum terénními šetřeními. V práci byla představena stupnice hodnotící míru lidského vlivu na různé úrovni biodiverzity.

Nakonec byly územní jednotky hodnoceny v závislosti na podílu ochrany území, což byl poslední cíl studie – jaká část biodiverzity je, nebo naopak není, zahrnuta do chráněných území. Toto bylo splněno finální syntézou antropogenní transformace přírodního prostředí Afriky v kontextu biodiverzity a ve vztahu k územní ochraně, která stanovila krajní hodnoty ochrany na kontinentě.

Předkládaná diplomová práce zohlednila fyzickogeografické i sociální faktory, čímž přispěla reálnějšímu obrazu stavu prostředí, jelikož odráží kombinaci obou faktorů a není založená výhradně na fyzickogeografických faktorech (klíma, reliéf, vegetace, biodiverzita, ...). Práce přispívá studované problematice tím, že prostorový rámec řešené práce na kontinentální úrovni a popisovaný postup metodiky umožňuje opakování (či modifikaci ze strany zpracovatele) a následné srovnání s výsledky dalších studií. Práce tak přináší i praktické výsledky uplatnitelné v informování populace, která je s problematikou v přímém kontaktu (na lokální úrovni). Dále pak v monitorování změn přírodního prostředí, jelikož čím častěji bude probíhat monitorování, tím dříve bude možné detekovat problémy v ochraně a bude jednodušší je napravit. S dalším očekávaným tlakem na africké prostředí vlivem rozrůstající se populace a hospodářským růstem se na kontinentě pravděpodobně ještě více zvýší napětí mezi rozložením biodiverzity, antropogenním tlakem a ochranou přírody.

## 9 ZDROJE

---

### 9.1 Literatura

- ADAMS, W., GOUDIE, A., ORME, A. (1999): The Physical Geography of Africa. Oxford University Press, Oxford, 456 s.
- ALESSA, L., CHAPIN, F. S. (2008): Anthropogenic biomes: a key contribution to earth-system science. *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 10, 529-531.
- ARCHER, E. R. M., TADROSS, M. A. (2009): Climate change and desertification in South Africa – science and response. *African Journal of Range and Forage Science*, 26, 3, 127-131.
- ASONGU, S. A., LE ROUX, S., BIEKPE, N. (2017): Environmental degradation, ICT and inclusive development in Sub-Saharan Africa. *Energy Policy*, 111, 353-361.
- BADJANA, H. M., OLOFSSON, P., WOODCOCK, C. E., HELMSCHROT, J., WALA, K., AKPAGANA, K. (2017): Mapping and estimating land change between 2001 and 2013 in a heterogeneous landscape in West Africa: Loss of forestlands and capacity building opportunities. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 63, 15-23.
- BAILEY, R. G. (1998): *Ecoregions: The Ecosystem Geography of Oceans and Continents*. Springer-Verlag, New York, 177 s.
- BECK, L., BERNAUER, T. (2011): How will combined changes in water demand and climate affect water availability in the Zambezi river basin? *Global Environmental Change*, 21, 3, 1061-1072.
- BIGGS, R., SIMONS, H., BAKKENES, M., SCHOLE, R. J., EICKHOUT, B., VAN VUUREN, D., ALKEMADE, R. (2008): Scenarios of biodiversity loss in southern Africa in the 21st century. *Global Environmental Change*, 18, 2, 296-309.
- BOARDMAN, J., FOSTER, I.D.L., ROWNTREE, K.M., FAVIS-MORTLOCK, D.T., MOL, L., SUICH, H., GAYNOR, D. (2017): Long-term studies of land degradation in the Sneeuberg uplands, eastern Karoo, South Africa: A synthesis. *Geomorphology*, 285, 106-120.
- BRINK, A. B., EVA, H. D. (2009): Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. *Applied Geography*, 29, 4, 501-512.
- BURGESS, N., HALES, J. D., UNDERWOOD, E., DINERSTEIN, E., OLSON, D., ITOUA, I., SCHIPPER, J., RICKETTS, T., NEWMAN, K. (2004): *Terrestrial Ecoregions of Africa and Madagascar: A Conservation Assessment (World Wildlife Fund Ecoregion Assessment)*. Island Press, Washington DC, 544 s.
- CRAIGIE, I. D., BAILLIE, J. E. M., BALMFORD, A., CARBONE, C., COLLEN, B., GREEN, R. E., HUTTON, J. M. (2010): Large mammal population declines in Africa's protected areas. *Biological Conservation*, 143, 2221-2228.
- DARKOH, M. B. K. (2009): An overview of environmental issues in Southern Africa. *African Journal of Ecology*, 47, 1, 93-98.
- DEGUIGNET, M., JUFFE-BIGNOLI, D., HARRISON, J., MACSHARRY, B., BURGESS, N., KINGSTON, N. (2014): *United Nations List of Protected Areas*. UNEP-WCMC, Cambridge, 44 s.

- ELLIS, E. C. (2013): Sustaining biodiversity and people in the world's anthropogenic biomes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 3-4, 368-372.
- ELLIS, E. C., GOLDEWIJK, K. K., SIEBERT, S., LIGHTMAN, D., RAMANKUTTY, N. (2010): Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 589-606.
- ELLIS, E. C., KAPLAN, J. O., FULLER, D. Q., VAVRUS, S., GOLDEWIJK, K. K., VERBURG, P. H. (2013): Used planet: A global history. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 20, 7978-7985.
- ELLIS E. C., RAMANKUTTY, N. (2008): Putting People in the Map: Anthropogenic Biomes of the World. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 8, 439-447.
- EVANS, S. W. (2017): An assessment of land cover change as a source of information for conservation planning in the Vhembe Biosphere Reserve. *Applied Geography*, 82, 35-47.
- GOVERS, G., VAN OOST, K., WANG, Z. (2014): Scratching the Critical Zone: The Global Footprint of Agricultural Soil Erosion. *Procedia Earth and Planetary Science*, 10, 313-318.
- GROSS, D., DUBOIS, G., PEKEL, J.-F., MAYAUX, P., HOLMGREN, M., PRINS, H. H. T., RONDININI, C., BOITANI, L. (2013): Monitoring land cover changes in African protected areas in the 21st century. *Ecological Informatics*, 14, 31-37.
- HELLDÉN, U., TOTTRUP, C. (2008): Regional desertification: A global synthesis. *Global and Planetary Change*, 64, 3, 169-176.
- IBRAHIM, Y. Z., BALZTER, H., KADUK, J., TUCKER, C. J. (2015): Land Degradation Assessment Using Residual Trend Analysis of GIMMS NDVI3g, Soil Moisture and Rainfall in Sub-Saharan West Africa from 1982 to 2012. *Remote Sensing*, 7, 5, 5471-5494.
- IFPRI (2014): Atlas of African agriculture research and development: Revealing agriculture's place in Africa. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., 90 s.
- IPCC (2014a): Climate Change 2014: Impacts, Adaptations, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge a New York, 688 s.
- IPCC (2014b): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, 151 s.
- JEWITT, D., GOODMAN, P. S., ERASMUS, B. F. N., O'CONNOR, T. G., WITKOWSKI, E. T. F. (2015): Systematic land-cover change in KwaZulu-Natal, South Africa: Implications for biodiversity. *South African Journal of Science*, 111, 9-10, 32-40.
- JONES, A., BREUNING-MADSEN, H., BROSSARD, M., DAMPHA, A., DECKERS, J., DEWITTE, O., GALLALI, T., HALLETT, S., JONES, R., KILASARA, M., LE ROUX, P., MICHELI, E., MONTANARELLA, L., SPAARGAREN, O., THIOMBIANO, L., VAN RANST, E., YEMEFACK, M., ZOUGMORE R. (2013): Soil Atlas of Africa. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 176 s.

- KAMPATA, J. M., RIENTJES, T. H., M., TIMMERMANS, J. (2013): Effects of Land Cover Change On the Hydrologic Regime of Kabompo River Basin, Zambia. European Space Agency Living Planet Symposium, Proceedings of the conference 722, 2-13, 83.
- KARTOGRAFIE PRAHA (2018): Afrika, Austrálie, Oceánie a Antarktida. Kartografie Praha, Praha, 20 s.
- KAY, A. U., KAPLAN, J. O. (2015): Human subsistence and land use in sub-Saharan Africa, 1000 BC to AD 1500: A review, quantification, and classification. *Anthropocene*, 9, 14-32.
- KIAGE, L. M. (2013): Perspectives on the assumed causes of land degradation in the rangelands of Sub-Saharan Africa. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 37, 5, 664-684.
- KIAGE, L. M., LIU, K. B. (2009): Palynological evidence of climate change and land degradation in the Lake Baringo area, Kenya, East Africa, since AD 1650. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 279, 60-72.
- KRUGER, A. C., SEKELE, S. S. (2013): Trends in extreme temperature indices in South Africa: 1962-2009. *International Journal of Climatology*, 33, 3, 661-676.
- LARCOM, S., VAN GEVELT, T., ZABALA, A. (2016): Precolonial institutions and deforestation in Africa. *Land Use Policy*, 51, 150-161.
- LETOURNEAU, A., VERBURG, P. H., STEHFEST, E. (2012): A land-use systems approach to represent land-use dynamics at continental and global scales. *Environmental Modelling and Software*, 33, 61-79.
- LIPSKÝ, Z., ROMPORTL, D. (2007): Typologie krajiny v Česku a zahraničí: stav problematiky, metody a teoretická východiska. *Geografie – Sborník ČGS*, 112, 1, 61-84.
- MANTYKA-PRINGLE, C. S., VISCONTI, P., DI MARCO, M., MARTIN, T. G., RONDININI, C., RHODES, J. R. (2015): Climate change modifies risk of global biodiversity loss due to land-cover change. *Biological Conservation*, 187, 103-111.
- MIDEKISA, A., HOLL, F., SAVORY, D. J., ANDRADE-PACHECO, R., GETHING, P. W., BENNETT, A., STURROCK, H. J. W. (2017): Mapping land cover change over continental Africa using Landsat and Google Earth Engine cloud computing. *PLoS ONE*, 12, 9, 15 s.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184926> (cit. 20.6.2018)
- MOHAMOUD Y. M. (2013): A method to assess soil erosion from smallholder farmers' fields: A case study from Malawi. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 9, 7195-7203.
- O'DONNELL, M. S., IGNIZIO, D. A. (2012): Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States. *U. S. Geological Survey Data Series*, 691, 10 s.
- OLSON, D. M., DINERSTEIN, E., WIKRAMANAYAKE, E. D., BURGESS, N. D., POWELL, G. V. N., UNDERWOOD, E. C., D'AMICO, J. A., ITOUA, I., STRAND, H. E., MORRISON, J. C., LOUCKS, C. J., ALLNUTT, T. F., RICKETTS, T. H., KURA, Y., LAMOREUX, J. F., WETTENGEL, W. W., HEDAO, P., KASSEM, K. R. (2001): Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51, 11, 933-938.

PARISH, E. S., KODRA, E., STEINHAEUSER, K., GANGULY, A. R. (2012): Estimating future global per capita water availability based on changes in climate and population. *Computers and Geosciences*, 42, 79-86.

PIELOU, E. C. (1979): *Biogeography*. John Wiley & Sons, New York, 351 s.

PÍŠOVÁ, Š. (2016): Změny přírodních podmínek v jižní Africe. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká Fakulta, Univerzita Karlova, Praha, 70 s.

PRACH, K., ŠTECH, M., ŘÍHA, P. (2009): *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. Scientia, Praha, 188 s.

ROMPORTL, D. (2009): Typologie krajiny České republiky. Disertační práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká Fakulta, Univerzita Karlova, Praha, 153 s.

SAYRE, N. F., DAVIS, D. K., BESTELMEYER, B., WILLIAMSON, J. C. (2017): Rangelands: Where Anthromes Meet Their Limits. *Land*, 6, 2, 31, 1-11.

SAYRE, R., COMER, P., HAK, J., JOSSE, C., BOW, J., WARNER, H., LARWANOU, M., KELBESSA, E., BEKELE, T., KEHL, H., AMENA, R., ANDRIAMASIMANANA, R., BA, T., BENSON, L., BOUCHER, T., BROWN, M., CRESS, J., DASSERING, O., FRIESEN, B., GACHATHI, F., HOUCINE, S., KEITA, M., KHAMALA, E., MARANGU, D., MOKUA, F., MOROU, B., MUCINA, L., MUGISHA, S., MWAVU, E., RUTHERFORD, M., SANOU, P., SYAMPUNGANI, S., TOMOR, B., VALL, A., VANDE WEGHE, J., WANGUI, E., WARUINGI, L. (2013): *A New Map of Standardized Terrestrial Ecosystems of Africa*. Association of American Geographers, Washington, DC, 24 s.

SAYRE, R., DANGERMOND, J., FRYE, C., VAUGHAN, R., ANIELLO, P., BREYER, S., CRIBBS, D., HOPKINS, D., NAUMAN, R., DERRENBACHER, W., WRIGHT, D., BROWN, C., CONVIS, C., SMITH, J., BENSON, L., PACO VANSISTINE, D., WARNER, H., CRESS, J., DANIELSON, J., HAMANN, S., CECERE, T., REDDY, A., BURTON, D., GROSSE, A., TRUE, D., METZGER, M., HARTMANN, J., MOOSDORF, N., DÜRR, H., PAGANINI, M., DEFOURNY, P., ARINO, O., MAYNARD, S., ANDERSON, M., COMER, P. (2014): *A New Map of Global Ecological Land Units – An Ecophysiographic Stratification Approach*. Association of American Geographers, Washington, DC, 46 s.

SCHARSICH, V., MTATA, K., HAUHS, M., LANGE, H., BOGNER, C. (2017): Analysing land cover and land use change in the Matobo National Park and surroundings in Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment*, 194, 278-286.

SIMENSEN, T., HALVORSEN, R., ERIKSTAD, L. (2018): Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review. *Land Use Policy*, 75, 557-569.

SNELDER, D. J., BRYAN, R. B. (1995): The use of rainfall simulation tests to assess the influence of vegetation density on soil loss on degraded rangelands in the Baringo District, Kenya. *Catena*, 25, 105-116.

SPRACKLEN, B. D., KALAMANDEEN, M., GALBRAITH, D., GLOOR, E., SPRACKLEN, D. V. (2015): A Global Analysis of Deforestation in Moist Tropical Forest Protected Areas. *PLoS ONE*, 10, 12, 1-16.

TAKHTAJAN, A. (1986): *Floristic Regions of the World*. University of California Press, Berkeley, 522 s.



UDVARDY, M. D. F. (1975): A Classification of the Biogeographical Provinces of the World. IUCN Occasional Paper No. 18. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Morges (nyní Gland), 49 s.

UNEP (2008): Africa: Atlas of Our Changing Environment. United Nations Environmental Programme, Nairobi, 392 s.

UNEP (2010): Africa Water Atlas. Division of Early Warning and Assessment (DEWA). United Nations Environmental Programme. Nairobi, 314 s.

UNEP (2013): Africa Environment Outlook 3: Summary for Policy Makers. United Nations Environmental Programme. Nairobi, 34 s.

VAN ASSELEN, S., VERBURG, P. H. (2012): A Land System representation for global assessments and land-use modeling. *Global Change Biology*, 18, 10, 3125-3148.

VAN LUIJK, G., COWLING, R. M., RIKSEN, M. J. P. M., GLENDAY, J. (2013): Hydrological implications of desertification: Degradation of South African semi-arid subtropical thicket. *Journal of Arid Environments*, 91, 14-21.

VÁCLAVÍK, T., LAUTENBACH, S., KUEMMERLE, T., SEPPELT, R. (2013): Mapping global land system archetypes. *Global Environmental Change* 23, 1637-1647.

VÅGEN, T. G., WINOWIECKI, L. A., TONDOH, J. E., DESTA, L. T., GUMBRICHT, T. (2016): Mapping of soil properties and land degradation risk in Africa using MODIS reflectance. *Geoderma*, 263, 216-225.

VELDKAMP, T. I. E., EISNER, S., WADA, Y., AERTS, J. C. J. H., WARD, P. J. (2015): Sensitivity of water scarcity events to ENSO-driven climate variability at the global scale. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 10, 4081-4098.

VRIELING, A., HOEDJES, J. C. B., VAN DER VELDE, M. (2014): Towards large-scale monitoring of soil erosion in Africa: Accounting for the dynamics of rainfall erosivity. *Global and Planetary Change*, 115, 33-43.

WHITE, F. (1983): The Vegetation of Africa: A Descriptive Memoir to Accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO Vegetation Map of Africa. UNESCO, Paris, 356 s.

WILTING, H. C., SCHIPPER, A. M., BAKKENES, M., MEIJER, J. R., HUIJBREGTS (2017): Quantifying Biodiversity Losses Due to Human Consumption: A Global-Scale Footprint Analysis. *Environmental Science and Technology*, 51, 6, 3298-3306.

ZIKA, M., ERB, K. H. (2009): The global loss of net primary production resulting from human-induced soil degradation in drylands. *Ecological Economics*, 69, 2, 310-318.

## 9.2 Internetové zdroje

CONSERVATION INTERNATIONAL (2019): Biodiversity hotspots  
Dostupné z: <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots> (cit. 5.3.2019)

ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST (2018): Meteorologický slovník výkladový a terminologický  
Dostupné z: [http://slovník.cmes.cz/VYKLAD/Z\\_vyklad.htm#4041](http://slovník.cmes.cz/VYKLAD/Z_vyklad.htm#4041) (cit. 30.8.2018)

EBSCO (2019): Image Collection – Map of Africa, Average January Temperature  
Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?authtype=shib&custid=s1240919&direct=true&db=imh&AN=imh71302&site=eds-live&scope=site&lang=cs> (cit. 14.3.2019)

EBSCO (2019): Image Collection – Map of Africa, Average July Temperature  
Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?authtype=shib&custid=s1240919&direct=true&db=imh&AN=imh71303&site=eds-live&scope=site&lang=cs> (cit. 14.3.2019)

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA (2018): Suez Canal  
Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/Suez-Canal> (cit. 7.8.2018)

FAO (2016): Freshwater Availability – Precipitation and Internal Renewable Water Resources.  
Databáze Aquastat.  
Dostupné z: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-IRWR\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-IRWR_eng.pdf)  
(cit. 16.7.2019)

GLOBAL FOREST WATCH (2019): Map  
Dostupné z: <https://www.globalforestwatch.org/map?map=eyJiZW50ZXliOmsibGF0IjoyNywibG5nIjoxMn0sImJlYXJpbmciOjAsInBpdGNoljowLCJ6b29tIjoyfQ%3D%3D> (cit. 20.2.2019)

PROTECTED PLANET (2019): World Database on Protected Areas  
Dostupné z: <https://www.protectedplanet.net/> (cit. 30.1.2019)

VIRUNGA NATIONAL PARK (2018): Virunga National Park  
Dostupné z: <https://virunga.org/about> (cit. 25.3.2019)

### 9.3 Datové zdroje

ARCGIS (2018): Africa Countries  
Dostupné z: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=64aff05d66ff443caf9711fd988e21dd> (cit. 20.12.2018)

CGIAR (2018): SRTM 90m DEM Digital Elevation Database  
Dostupné z: <http://srtm.csi.cgiar.org/> (cit. 30.1.2018)

ELLIS E. C., RAMANKUTTY, N. (2008): Anthropogenic Biomes of the World  
Dostupné z: <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/anthromes-anthropogenic-biomes-world-v2-2000/data-download> (cit. 30.1.2018)

ESA (2015): The Land Cover CCI Climate Research Data Package (CRDP)  
Dostupné z: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php> (cit. 20.12.2017)

CHELSEA CLIMATE (2018): Bioclim  
Dostupné z: <http://chelsea-climate.org/bioclim/> (cit. 30.1.2018)

JENKINS, C. N. (2018): Biodiversity  
Dostupné z: <https://biodiversitymapping.org/wordpress/index.php/download/>  
(cit. 30.1.2018)

WWF (2019): HydroSHEDS  
Dostupné z: <https://hydrosheds.org/downloads> (cit. 5.3.2019)

## **9.4 Použité software**

eCognition

ESRI (2018): ArcMap 10.6

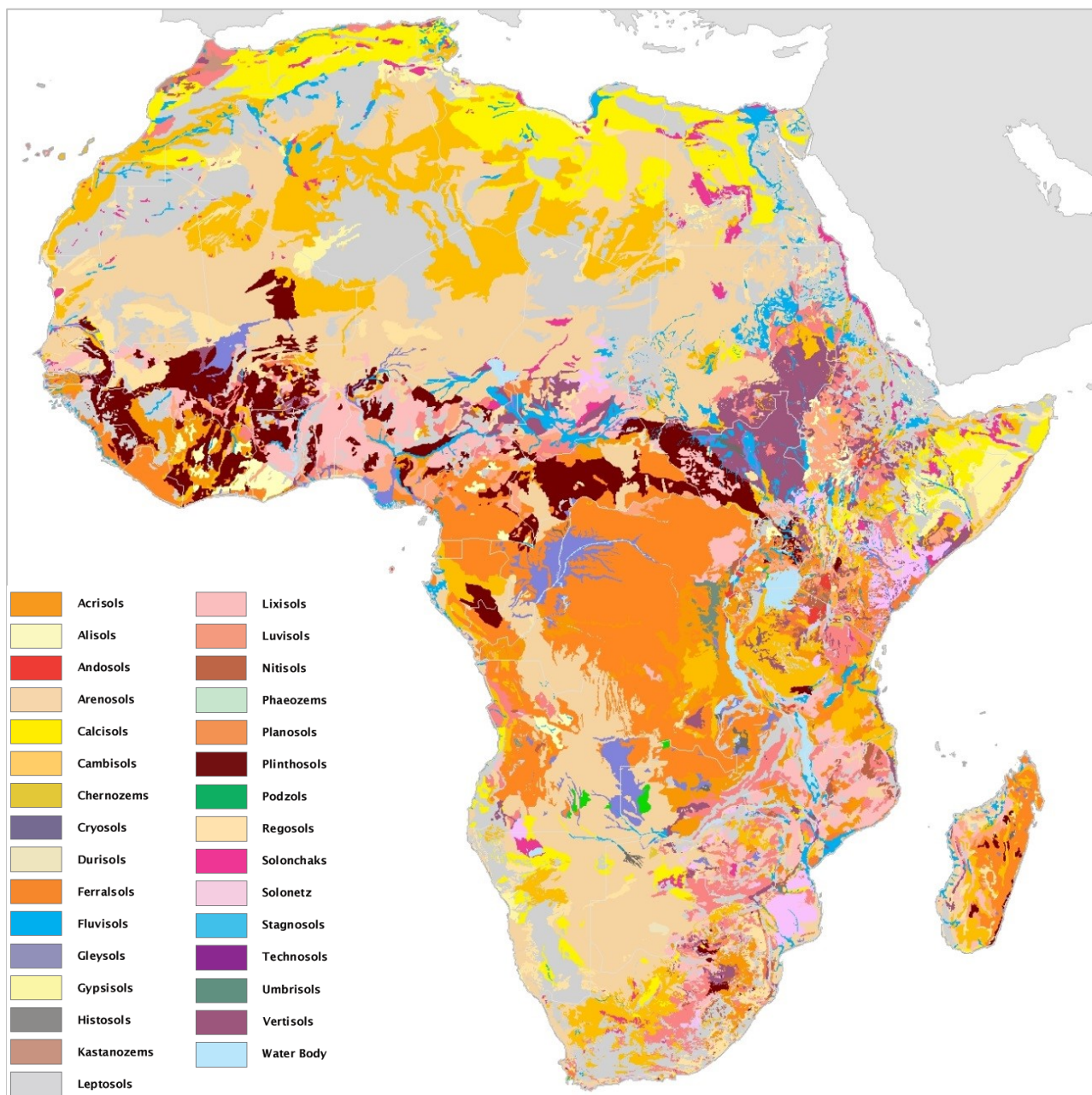
Microsoft (2010): Excel

SPSS 22.0 (2014)

Poznámka: *Mediterranean Zone* (středomořské pásmo), *Sahelian Zone* (sahelské pásmo), *Tropical Zone with Dry Seasons* (tropické pásmo s obdobím sucha), *Humid Tropical Zone* (tropické vlhké pásmo), *Equatorial Zone* (rovníkové pásmo), *Desert Zone* (pouštní pásmo), *Elevated Areas* (horské pásmo).



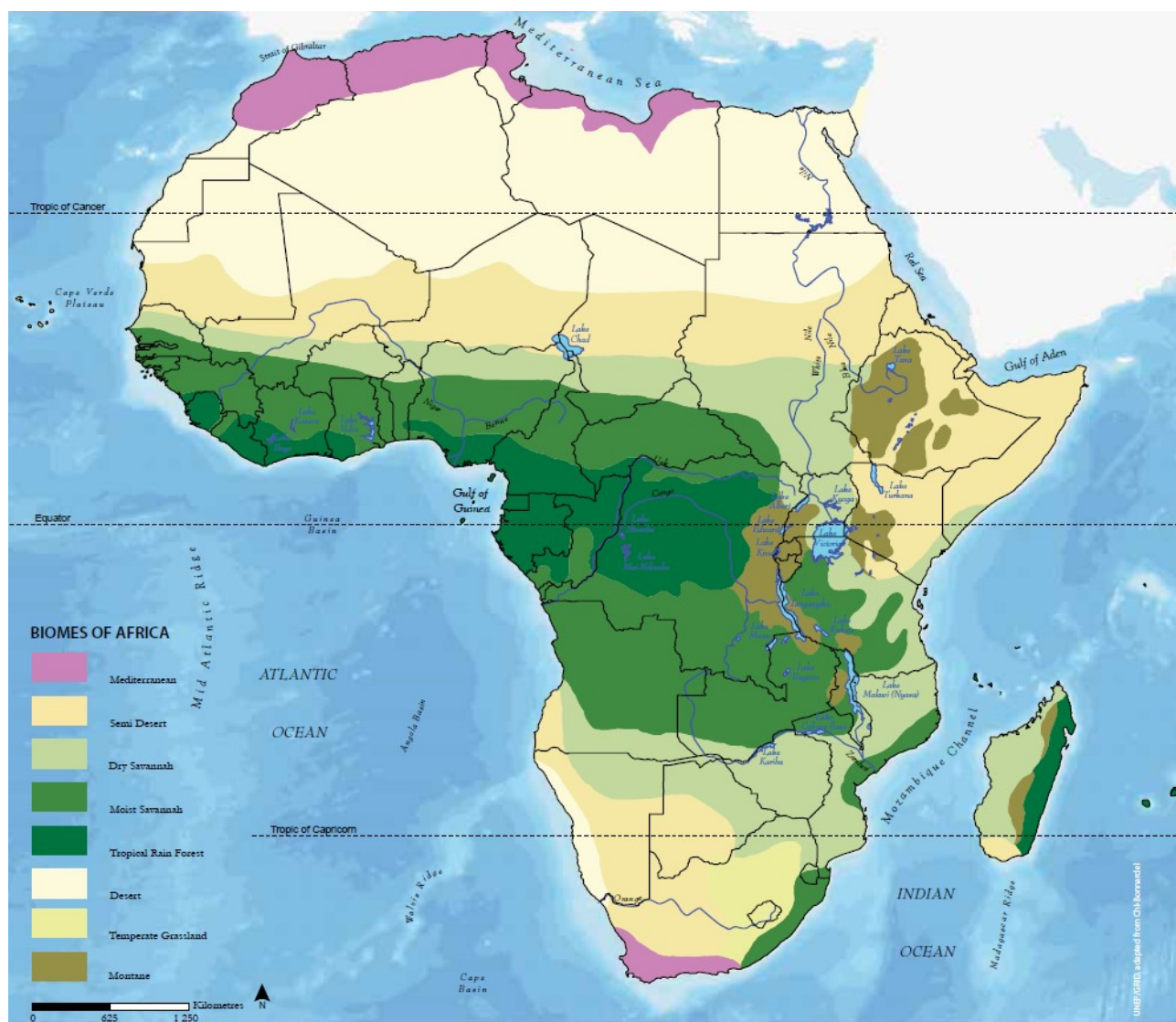
## Příloha 2: Půdní třídy Afriky



Zdroj: Soil Atlas of Africa (Jones a kol. 2013)

Poznámka: Půdní třídy jsou klasifikovány podle *World Reference Base Soil Groups* (Světová referenční báze skupin půd).

### Příloha 3: Vegetační pásma Afriky



Zdroj: Africa: Atlas of Our Changing Environment (UNEP 2008)

Poznámka: *Mediterranean* (tvrdolistá vegetace středomořského typu), *Semi Desert* (polopoušť), *Dry Savannah* (suché savany), *Moist Savannah* (vlhké savany), *Tropical Rain Forest* (tropický deštný les), *Desert* (poušť), *Temperate Grassland* (traviny temperátního pásma), *Montane* (vysokohorská vegetace).

#### Příloha 4: Bioklimatické proměnné v klastrech přírodního prostředí

		1			2			3			4			5			6		
		min	max	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr
bio 1	roční průměrná teplota	15,8	29,5	24,6	13,9	29,1	21,6	9,4	28,1	20,9	8,5	29,9	22,6	11,2	27,0	20,6	20,7	27,3	24,8
bio 2	průměrná denní amplituda teploty	7,6	17,7	12,7	9,1	17,9	15,0	10,6	17,2	15,0	9,3	18,4	14,2	9,4	16,0	12,8	7,7	15,0	10,7
bio 3	izotermalita	5,5	8,1	6,4	3,5	5,6	4,9	3,5	4,9	4,2	4,6	6,4	5,7	6,1	9,0	7,4	6,2	8,8	7,5
bio 4	sezonalita teploty	7,3	27,0	19,1	43,6	62,2	53,8	62,7	84,8	70,2	25,4	44,0	33,8	3,0	17,9	10,2	4,1	14,6	8,4
bio 5	maximální teplota nejteplejšího měsíce	24,2	41,6	34,3	27,6	44,4	36,3	31,2	47,1	38,8	19,3	42,0	34,1	18,9	36,3	29,2	28,8	36,2	32,1
bio 6	minimální teplota nejchladnějšího měsíce	5,6	21,2	14,3	-1,6	14,4	6,1	-7,0	9,8	3,6	-4,0	20,9	9,3	3,8	20,1	12,0	13,0	21,6	17,7
bio 7	roční amplituda teploty	12,9	27,7	20,0	22,9	34,5	30,2	29,5	41,0	35,2	18,6	29,3	24,8	12,6	22,8	17,3	10,4	22,8	14,4
bio 8	průměrná teplota nejvlhčího čtvrtletí	18,1	29,8	25,0	7,9	34,3	22,1	4,2	35,5	18,1	12,7	32,0	24,7	12,0	27,4	20,7	19,5	26,5	24,3
bio 9	průměrná teplota nejsuššího čtvrtletí	12,7	28,2	22,9	8,2	27,7	20,5	13,1	33,1	24,2	3,4	31,6	19,3	9,4	27,1	19,8	21,2	27,4	24,5
bio 10	průměrná teplota nejteplejšího čtvrtletí	18,2	33,0	26,9	20,2	35,1	27,9	19,1	37,0	29,6	12,9	33,5	26,4	12,7	28,1	21,8	21,9	29,2	25,8
bio 11	průměrná teplota nejchladnějšího čtvrtletí	11,8	27,4	22,1	6,9	22,7	14,3	1,0	18,7	11,6	3,3	26,4	17,9	9,2	26,0	19,2	19,5	25,8	23,7
bio 12	roční úhrn srážek	27,6	1615,2	848,8	1,1	615,1	139,7	0,0	496,9	105,4	34,9	986,3	392,1	392,6	1735,7	1104,1	1068,1	3380,4	1801,8
bio 13	úhrn srážek nejvlhčího měsíce	7,3	420,6	200,5	0,7	96,8	29,2	0,0	66,0	15,3	8,5	228,7	95,2	82,0	363,8	205,7	184,7	713,9	295,7
bio 14	úhrn srážek nejsuššího měsíce	0,0	32,5	3,7	0,0	11,4	1,3	0,0	10,2	1,7	0,0	44,3	3,1	0,0	69,4	13,4	0,7	129,1	25,9
bio 15	sezonalita srážek	39,3	150,5	101,4	22,3	184,4	86,0	0,6	129,9	50,2	14,8	187,1	104,5	24,8	123,2	75,2	21,8	113,1	59,4
bio 16	úhrn srážek nejvlhčího čtvrtletí	15,6	1043,5	509,6	1,0	269,9	72,8	0,0	179,2	39,9	17,2	636,2	240,8	177,4	921,0	522,0	473,7	1764,5	765,4
bio 17	úhrn srážek nejsuššího čtvrtletí	0,0	211,0	19,8	0,0	48,5	8,0	0,0	47,6	8,8	0,0	490,9	20,6	0,1	248,3	42,8	1,5	385,0	107,7
bio 18	úhrn srážek nejteplejšího čtvrtletí	12,6	650,1	216,2	0,0	222,6	33,3	0,0	51,5	11,2	4,2	541,1	139,6	85,5	509,8	246,8	134,5	756,3	392,7
bio 19	úhrn srážek nejchladnějšího čtvrtletí	0,0	664,3	99,1	0,0	260,0	36,4	0,0	162,0	33,1	0,0	193,2	19,4	8,4	798,0	203,1	6,9	1545,1	455,3